



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“Islas Flotantes Artificiales con PASTO GUINEA (*Panicum máximum*) como alternativa para la remoción de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) en el agua procedente del río Cutuchi”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en
Medio Ambiente.

Autores:

ALMACHE GUAMANI LUIS PAUL
SINCHIGUANO ALMACHE LUIS FERNANDO

Tutor:

Ing. M.Sc. KALINA FONSECA

LATACUNGA- ECUADOR

2018 - 2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **ALMACHE GUAMANI LUIS PAUL Y SINCHIGUANO ALMACHE LUIS FERNANDO**, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“Islas Flotantes Artificiales con PASTO GUINEA (*Panicum máximum*) como alternativa para la remoción de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) en el agua procedente del río Cutuchi”**. Siendo La Ing. MSc. **KALINA FONSECA**, tutora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....

ALMACHE GUAMANI LUIS PAUL

C.I. 050380620-0

.....

SINCHIGUANO ALMACHE LUIS FERNANDO

C.I. 050316017-8

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **ALMACHE GUAMANI LUIS PAUL Y SINCHIGUANO ALMACHE LUIS FERNANDO**, identificado con C.C. N°**050380620-0**, C.C. N°**050316017-8** de estado civil **SOLTEROS** y con domicilio en la provincia "Cotopaxi cantón Saquisilí", a quien en lo sucesivo se denominarán **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE, es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería de Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **Proyecto de Investigación** la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico. (ABRIL 2014- AGOSTO 2014 HASTA OCTUBRE 2018-MARZO-2019)

Aprobación HCA: 19 de Febrero del 2019

Tutor. - Ing. MSc. KALINA FONSECA

Tema: “Islas Flotantes Artificiales con **PASTO GUINEA** (*Panicum máximum*) como alternativa para la remoción de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) en el agua procedente del río Cutuchi”

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA, es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, LA/EL CEDENTE autoriza a LA CESIONARIA a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato LA/EL CEDENTE, transfiere definitivamente a LA CESIONARIA y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA/EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA/EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusulas cuartas, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, del mes de agosto del 2017.

.....

ALMACHE GUAMANI LUIS PAUL

C.I. 050380620-0

.....

SINCHIGUANO ALMACHE LUIS FERNANDO

C.I. 050316017-8

.....

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“Islas Flotantes Artificiales con PASTO GUINEA (*Panicum máximum*) como alternativa para la remoción de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) en el agua procedente del río Cutuchi”, de ALMACHE GUAMANI LUIS PAUL Y SINCHIGUANO ALMACHE LUIS FERNANDO, de la carrera de Ingeniería de Medio Ambiente, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Febrero, 2019

El Tutor

.....

Ing. MSc. KALINA FONSECA

CI: 172353445-7

FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Miembros del Tribunal de Lectores aprueban el presente Informe de Titulación de acuerdo con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente por cuanto, el postulante:

- ALMACHE GUAMANI LUIS PAUL
- ORTEGA GALLEGOS JHONNY RODRIGO
- SINCHIGUANO ALMACHE LUIS FERNANDO

Con el proyecto de investigación, cuyo título es: **“Islas Flotantes Artificiales con PASTO GUINEA (*Panicum máximum*) como alternativa para la remoción de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) en el agua procedente del río Cutuchi”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Sustentación** en la fecha y hora señalada.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Febrero 2019.

Para constancia firman:

Lector 1

Mg. Ilbay Yupa Mercy Lucila
CI: 060414790-0

Lector 2

Mg. Vinicio Mogro
CI: 050165751-4

Lector 3

Ing. Juan Espinosa
CI: 171347432-6

AGRADECIMIENTOS.

A todos los que estuvieron a nuestro lado en todo momento apoyándonos incondicionalmente, a Dios por estar junto a nosotros cuidándonos que no nos pase nada malo, a nuestra familia por ser el pilar esencial en este trayecto de nuestra vida universitaria, a la vez a nuestros docentes que con su exigencia y sabiduría nos han guiado a ser unos profesionales humanos y capaces de aportar al desarrollo de la sociedad.

Autores:

Luis Paul Almache Guamani

Luis Fernando Sinchiguano Almache

Dedicatoria

A mis queridos padres Luis Sinchiguano y Esther Almache, porque siempre tuve el apoyo incondicional de ellos y que con su esfuerzo me supieron sacar adelante, este triunfo de los ustedes,

Autor

Luis Fernando Sinchiguano Almache

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis padres Beatriz Guamani y Luis Almache por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi Carrera Universitaria, el logro es suyo. Y a toda mi familia que me acompañaron en muchas etapas de mi vida.

Autor

Luis Paul Almache Guamani

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS.....	3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACION	4
5. OBJETIVOS:	5
5.1 Objetivo general.....	5
5.2 Objetivos específicos	5
6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	6
6.1 Calidad de agua	6
6.2 Contaminación hídrica.....	6
6.3 Contaminación hídrica del río Cutuchi.....	6
6.4 Contaminación por hidrocarburos.....	8
6.4.1 Hidrocarburos.....	8
6.5 Problemas en el Ambiente que causa la presencia del contaminante.	8
6.5.1 Contaminación por Hidrocarburos:	8
6.5.2 Impactos Ambientales de los Hidrocarburos	8
6.6 Métodos convencionales de tratamiento.	9
6.6.1 La electrocoagulación.....	9
6.6.2 Extracción con disolventes	10
6.6.3 Costos de tratamientos convencionales.	10
6.7 Métodos alternativos	12
6.7.1 Fitorremediación:	12
6.7.2 Capacidad de Fitorremediación:	12
6.7.3 Mecanismos de Fitorremediación:	12
6.7.4 Fitorremediación ventaja y desventaja:	13
6.8 Fitorremediación en agua.....	15
6.8.1 La fitorremediación y su papel en la recuperación de ambientes contaminados con hidrocarburos.....	16
6.8.2 Evaluación de la fitorremediación	18
6.9 Los humedales	18
6.10 Islas flotantes artificiales IFAs.....	19
6.10.1 Historia	19
6.10.2 Estructura	20
6.10.3 Funcionamiento.....	20

6.11 IFAs Ecuador.....	21
6.12 Plantas gramíneas	22
6.12.1 Pasto guinea (<i>Panicum máximum</i>).....	22
6.12.2 Fenología (<i>Panicum maximun</i>) - Etapas del ciclo.	23
6.12.3 Requerimientos agro-ecológicos.	24
7. METODOLOGÍAS (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS)	25
7.1.- Área de Estudio	25
7.1.1 Sitio de recolección del agua	26
7.1.2 Delimitación del área para el proyecto.	27
7.2 Protocolos de toma de muestra	27
7.2.1 Protocolo de muestreo de acuerdo con las Normas de INEN Agua. Calidad de Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras	27
7.3 Adecuación de un medio controlado para la instalación del sistema.....	29
7.4 Construcción de la matriz flotante.....	29
7.4.1 Selección de materiales:	29
7.4.2 Ensamblado de la matriz flotante:	29
7.5 Implementación de sustrato.....	30
7.5.1 Elaboración de sustrato:	30
7.5.2 Aplicaciones del sustrato en el sistema:	31
7.6 Adecuación del cuerpo hídrico	31
7.6.1 Sistema de Aeración	32
7.7 Adaptación de las especies vegetativas al Sistema.	33
7.8 Evaluación del crecimiento de la planta.	33
7.9 Determinación del porcentaje de remoción	34
7.10 Análisis de los resultados:.....	34
8. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....	34
8. 1 Etapa fenológica de la especie Pasto guinea " <i>Panicum Maximum</i> "	35
8.1.1 Etapa de siembra y crecimiento de la planta	35
8.1.2 Etapa de desarrollo y adaptación de la planta	36
8.1.3 Etapa de crecimiento de las raíces de la planta	37
8.2 Concentraciones Iniciales	38
8.2.1 concentración de nitratos.....	38
8.2.2 Concentración inicial de fosfatos.....	39
8.2.3 Porcentaje de Absorción.....	40
8.2.4 Porcentajes de Remoción	41
8.2.5 Concentraciones Iniciales de TPH	42

8.2.6 Concentraciones del segundo análisis	43
8.2.7 Porcentaje de absorción de TPH	44
8.3 Islas flotantes artificiales como alternativa eco tecnológica.	44
8.4 Discusión	44
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
9.1 Conclusiones	46
9.2 Recomendaciones	46
10. BIBLIOGRAFÍA.....	47
11. ANEXOS.....	51

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Beneficiarios del proyecto 2018-2019.....</i>	<i>3</i>
<i>Tabla 2: Costos de tratamientos convencionales.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 3: Ventajas y desventajas de la fitorremediación.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 4 Taxonomía Panicum maximum.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 5: coordenadas punto de muestreo.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 6: Requerimientos para la toma de muestra de TPH.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 7: Materiales para la elaboración del sustrato.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 8: Características del sustrato.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 9: Características del estanque.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 10: Tabla: Función del sistema aireador.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 11: Adaptación del pasto guinea.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 12: Concentración inicial de nitratos.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 13: Tabla: concentración inicial de fosfatos.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 14: Porcentaje de absorción de nitratos.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 15: Porcentaje de absorción de fosfatos.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 16: Concentraciones de TPH.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 17: Concentraciones de TPH.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 18: Porcentaje general de remoción.....</i>	<i>44</i>

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Cuenca del río Cutuchi</i>	6
<i>Figura 2: Características de la planta</i>	17
<i>Figura 3: Descripción del % de contaminación</i>	18
<i>Figura 4: Isla Flotante artificial</i>	19
<i>Figura 5: Estructura flotante, fibra de coco</i>	20
<i>Figura 6: Funcionamiento del sistema</i>	20
<i>Figura 7: Islas Flotantes en Guayaquil</i>	22
<i>Figura 8: (Panicum maximum)</i>	23
<i>Figura 9: Cuenca del río Cutuchi</i>	26
<i>Figura 10: Sistema de islas flotantes</i>	32
<i>Figura 11: Etapa de crecimiento de Panicum maximum</i>	35
<i>Figura 12: Etapa de desarrollo y adaptación de Panicum maximum</i>	36
<i>Figura 13: Etapa de crecimiento de las raíces de Panicum maximum</i>	37
<i>Figura 14: Concentración de nitratos</i>	38
<i>Figura 15: Concentración inicial de fosfatos</i>	39
<i>Figura 16: porcentaje de absorción de nitratos</i>	40
<i>Figura 17: Porcentaje de absorción de fosfatos</i>	41
<i>Figura 18: Gráfico 1: Remoción de TPH en el primer análisis</i>	42
<i>Figura 19: Remoción de TPH en el segundo análisis</i>	43
<i>Figura 20: Porcentaje general de remoción de TPH</i>	44

INDICE DE ANEXOS

<i>Anexo: 1 HOJAS DE VIDA.....</i>	<i>1</i>
<i>Anexo: 2 INFORME DE RESULTADOS</i>	<i>6</i>
<i>Anexo: 3 INFORME DE RESULTADOS</i>	<i>8</i>
<i>Anexo: 4 INFORME DE RESULTADOS</i>	<i>10</i>
<i>Anexo: 5 INFORME DE RESULTADOS FINALES</i>	<i>13</i>
<i>Anexo: 6 CRECIMIENTO DE LA PLANTA</i>	<i>15</i>
<i>Anexo: 7 CRECIMIENTO DE LA RAÍZ.....</i>	<i>18</i>

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERIA DE MEDIO AMBIENTE

TITULO: “ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES CON PASTO GUINEA (*Panicum maximum*), COMO ALTERNATIVA PARA LA REMOCION DE TPH (HIDROCARBUROS TOTALES DE PETRÓLEO) EN EL AGUA PROCEDENTE DEL RÍOCUTUCHI”,

Autores:

ALMACHE GUAMANI LUIS PAUL

SINCHIGUANO ALMACHE LUIS FERNANDO

RESUMEN

Las Islas Flotantes Artificiales son un sistema de fitorremediación de aguas contaminadas, similar a los humedales naturales. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de *Panicum maximum* en la remoción de TPH en aguas procedente del río Cutuchi. Para ello se instaló una isla flotante de 0,35m² en un cuerpo de agua de 77litros (Tratamiento 1), tres repeticiones y un testigo. Las evaluaciones de los parámetros removidos fueron cada 21 días y cada siete días del desarrollo de la planta durante cuatro meses. El porcentajes de remoción fue: TPH de 80.04 %. El sistema con la variedad *Panicum maximum* constituye una alternativa para mejorar la calidad del agua.

Palabras clave: Fitorremediación, contaminación, isla, planta

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERIA DE MEDIO AMBIENTE

TITLE: "Artificial Floating Islands with PASTO GUINEA (*Panicum maximum*) as an alternative to improve the removal of TPH (Total Oil Hydrocarbons) in the water from the Cutuchi River"

Autores:

ALMACHE GUAMANI LUIS PAUL

SINCHIGUANO ALMACHE LUIS FERNANDO.

ABSTRACT

The artificial floating islands are a system of phytoremediation of polluted waters similar to natural wetlands. The objective of this investigation was to evaluate the effect of the guinea grass "*Panicum maximum*" in the removal of TPH, in the Cutuchi River. For this reason, an island of 0.35 cm² was installed in a 77 liter body of water (Treatment 1), three repetitions and one witness. The equations of the parameters removed, were every 21 days; as well as the development of the plant for four months. The percentage of removal was 80.76 of TPH (according to their results). The system of floating islands and the variety of guinea grass "*Panicum maximum*" is an alternative to improve water quality.

Keywords: Phytoremediation, pollution, island, plant.

1. INTRODUCCIÓN

Las islas flotantes hacen parte de un tipo de humedales construidos, conocidos como Islas Flotantes Artificiales (IFA) y están conformados por una estructura flotante en donde las plantas acuáticas emergentes crecen enraizadas en la superficie. Los tallos de las plantas se desarrollan por encima del nivel del agua, mientras las raíces crecen en la columna de agua hacia el fondo de la tina, favoreciendo los procesos de fitorremediación, al generar una superficie para el establecimiento de comunidades microbianas.

La fitorremediación se realiza a través de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en la densidad de sus raíces, tallos y hojas, es así que el exceso de nutrientes es absorbido por la planta, bioacumuladas en sus tallos hojas y liberadas en el proceso de la transpiración de la misma.

En la presente investigación se implementó el sistema de islas flotantes Artificiales (IFA) con las especies *Panicum maximum*, como una alternativa para mejorar la calidad de agua contaminada por hidrocarburos (TPH).

Para la implementación de las IFA se construyó un invernadero que alojó tres tinas con sus respectivas islas flotantes constituidas por matriz flotante y sustrato. Las matriz flotante se construyó con botellas plásticas, tubos y mallas de policloruro de vinilo reciclado.

Esta matriz flotante ayuda al medio de crecimiento y estabilidad para las especies vegetativas en estudio. El sustrato propicia un medio idóneo para la interrelación de materia orgánica, planta y microorganismos.

La construcción del sistema es relativamente sencilla, así también su instalación y mantenimiento son considerablemente económicos en comparación con plantas de tratamiento.

En el Ecuador hay una mínima cantidad estudios realizados para la remoción hidrocarburos (TPH) con sistemas alternativos. Este proyecto determinó la remoción hidrocarburos (TPH) mediante la especie (*Panicum maximum*) el cual ha dado resultados favorables, con lo cual se puede proponer a la población de la Latacunga este proyecto enfocado al sector agrícola.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En la actualidad las fuentes de agua se encuentran en constante deterioro, a causa de las actividades antrópicas que día tras día aumenta la toxicidad del recurso. Esta realidad se ve reflejada en la microcuenca del río Cutuchi (M.R.C.)

El deficiente tratamiento que se da a las aguas residuales de origen industrial, agrícola y doméstico provoca enfermedades a la población de la microcuenca del río Cutuchi, especialmente por la ingesta de alimentos regados con estas aguas.

La calidad de los recursos hídricos de la provincia se ve degradada a pesar que, existe la tecnología necesaria para el tratamiento, pero la implementación se ve limitada por sus elevados costos de construcción operación y mantenimiento. La necesidad de buscar alternativas de bajo costo y fácil instalación, generó el desarrollo de esta investigación.

Las islas flotantes artificiales (IFA) está constituida por dos tipos de tecnología: la hidroponía combinada con la fitorremediación. Además cabe resaltar que las IFA son de fácil construcción, instalación y su aplicación es recomendable en lagos, lagunas, estuarios y reservorios para la remoción de materia orgánica, coliformes fecales e hidrocarburos (TPH).

La especie *Panicum maximum* a pesar de no ser nativa, es una planta de fácil adaptación y distribución en los ecosistemas del Ecuador. Son plantas perennes por tal motivo no requieren de un mayor control, simbolizando considerables ahorros en el mantenimiento.

3. BENEFICIARIOS

Los beneficiarios son determinados en base al censo de población y vivienda realizado en el año 2010 por el Instituto Nacional de Estadística y Censo, además se consideran grupos o instituciones inherentes al manejo del recurso hídrico.

Tabla 1: Beneficiarios del proyecto 2018-2019

	Nombres	Mujeres	Total
<u>DIRECTOS</u>			
✓ Docentes – investigadores de la carrera de Ingeniería en medio ambiente	13	5	18
✓ Concejo provincial	32	17	49
✓ GAD Municipal de Latacunga	4	7	11
<u>INDIRECTOS</u>			
✓ ARCA	7	8	15
✓ SENAGUA	5	7	12
✓ MAE	10	15	25

Elaborado por: Autores, 2019.

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

Cada día se vierte dos millones de toneladas de aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas en los sistemas hídricos del mundo (Junk, 2018). La mayoría de las muertes por causas ambientales ocurren en países en desarrollo en Asia, África y América Latina. Los riesgos por contaminación especialmente del agua matan a unas 12.6 millones de personas al año. (Silvia Beatriz Illanes Cuasque, 2016)

Uno de los grandes problemas a nivel mundial es la contaminación del agua con hidrocarburos. Ecuador es el cuarto productor de hidrocarburos en América Latina a la vez acoge la biodiversidad más densa del planeta en referencia a su superficie (Dangles, 2009). La actividad petrolera en sus fases de su explotación, producción, transporte o disposición final ha ocasionado contaminación en los cuerpos de agua del país. (Alberto, 2016)

Las aguas del río Cutuchi están altamente contaminadas ya que en todo su cauce desde el sector de Lasso, Provincia de Cotopaxi recibe aguas servidas de: fábricas, establos, mataderos, gasolineras, y demás fuentes sin previo tratamiento. La ciudad de Latacunga recibe un volumen diario de 30.000m³ de aguas servidas de uso doméstico, aguas residuales de algunas fábricas de alimentos, entre estas lecheras y cárnicas; del Hospital General y del Seguro Social, aguas procedentes de lubricadoras, camal municipal para luego formar el canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato a partir del sector sur de la ciudad de Latacunga (PMS, 2014)

Las aguas contaminadas con hidrocarburos (TPH) provocan cambios en las características organolépticas del agua que induce al rechazo de los consumidores, y su ingestión representa un riesgo para la salud; asimismo, el ecosistema puede sufrir afectaciones debidas al impacto negativo de estos contaminantes sobre sus diferentes componentes.

Las aguas en el país no son tratadas, por el cual genera un gran problema a la salud del ser humano, como también al sector agrícola; existen plantas de tratamiento convencional requieren insumos químicos que generan impactos secundarios en el ambiente, además que suponen un elevado costo para sus estudios de aplicación, construcción y operación. (Hudson, 2017)

Frente a los impactos negativos y la eventual ineficiencia que representa estos tratamientos, es necesaria la investigación de métodos alternos que cambien el enfoque de depuración de aguas contaminadas.

5. OBJETIVOS:

5.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de la especie Pasto Guinea (*Panicum maximum*) en la remediación de aguas contaminadas con TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo)

5.2 Objetivos específicos

- Estructurar el sistema de islas flotantes y evaluación del desarrollo de la planta.
- Determinar el porcentaje de absorción y adsorción e hidrocarburos (TPH).
- Evaluar el sistema de Islas flotantes como alternativa de remediación de aguas.

6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

6.1 Calidad de agua

La calidad hace referencia a las características químicas, físicas y biológicas del agua, en su estado natural o residual, la calidad depende principalmente del uso, las actividades antrópicas han generado problemas con el control de la calidad del agua, con la utilización de fertilizantes en la agricultura esto puede resultar un exceso de nitrógeno y fosforo en el agua superficial, causando los excedentes llamados nutrientes porque actúan como alimento para las plantas además del uso de metales pesados en la industria originando un notable deterioro en calidad del agua. (Saransig, 2009).

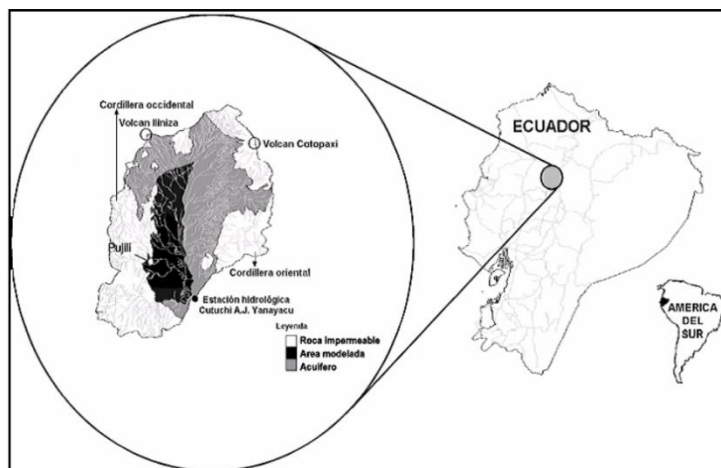
6.2 Contaminación hídrica

Esta contaminación se entiende como la alteración química o de otra naturaleza en concentraciones superiores a las condiciones naturales. Entre los contaminantes más importantes se encuentran los microbios, los nutrientes, los químicos orgánicos, aceites, grasas, sedimentos y cambios de temperatura. (WWAP., 2009)

6.3 Contaminación hídrica del río Cutuchi.

El río Cutuchi abarca un área de 14.996 hectáreas dentro de las provincias de Cotopaxi y Tungurahua, nace de los deshielos del volcán Cotopaxi, se encuentra en parte alta de la cuenca del río Pastaza, atraviesa la ciudad de Latacunga de norte a sur con una pendiente de 8.8%, es uno de los principales ríos de la zona sierra centro, sus aguas son utilizadas principalmente para actividades de regadío, producción agrícola y ganadería. Este sujeto precipitaciones anuales entre 250 a 500 mm. (INAMHI, 2012)

Figura 1: Cuenca del río Cutuchi.



Fuente: (Taco, 2000).

Esta cuenca es vulnerable a la contaminación, ya que a lo largo de su tramo existen industrias y asentamientos que descargan aguas negras, aguas grises, vertidos industriales, domésticos y urbanos, es por ello que (Reyes, 2014), afirma que “los principales problemas de la cuenca de estudio son el déficit hídrico, la alarmante contaminación y la deficiente administración del agua, que tiene como efectos directos problemas de morbilidad generados por enfermedades hídricas, un ineficiente sistema de abastecimiento de población, inexistente tratamiento de efluentes sanitarios y vuelcos agroindustriales, deposición abierta de residuos urbanos y ausencia de obras de control, regulación y reservorios”.

Entre contaminantes que las industrias vierten al río Cutuchi (Vásquez R., Yáñez E., 2015) nos menciona:

- Sustancias químicas inorgánicas
 - ✓ Ácidos
 - ✓ Compuestos de metales tóxicos
- Sustancias químicas orgánicas:
 - ✓ Derivados de petróleo
 - ✓ Plásticos
 - ✓ Plaguicidas
 - ✓ Detergentes

Las aguas servidas provienen principalmente de la ciudad de Latacunga que contiene elementos orgánicos e inorgánicos, como es el material fecal, papel higiénico, restos alimenticios, restos de materiales de limpieza, detergentes, plástico, vidrio y otros elementos que son despachados de manera directa al río por medio de las cañerías de desagüe, estos factores degradan la calidad de agua. Así (Fonseca K, Ilbay M, 2017) concluyen que “la clasificación del agua del río Cutuchi realizada con base en los criterios de Índice de Calidad del agua ICA-NSF muestra que la calidad global del agua se encuentra en el rango de mala calidad”.

El Río Cutuchi es un recurso natural de alto riesgo para la salud, como lo evidencia los resultados emitidos por esta institución y lo ratifica la investigación a cargo del ohiec – convenio con el Gobierno Belga del año 2002 y concluyen que la contaminación del agua afecta la salud pública, los niveles de enfermedades hídricas, los parámetros de cero

tolerancia para ciertos elementos: grasas y aceites, coliformes fecales, sólidos disueltos, no se respetan y se usa el agua para consumo humano, abrevadero y producción agrícola que luego se comercializan en Quito, Latacunga, Ambato y la Costa. (ARCSA., 2014)

6.4 Contaminación por hidrocarburos.

6.4.1 Hidrocarburos.

La mayoría de los hidrocarburos que se encuentran en nuestro planeta ocurren naturalmente en el petróleo crudo, donde la materia orgánica descompuesta proporcionó una abundancia de carbono e hidrógeno también se encuentran en aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.) son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua que dañan a los seres vivos. Los fenoles pueden estar en el agua como resultado de contaminación industrial y cuando reaccionan con el cloro que se añade como desinfectante forman clorofenoles que son un serio problema porque dan al agua muy mal olor y sabor. (Alexandra & Nataly, s. f.)

6.5 Problemas en el Ambiente que causa la presencia del contaminante.

6.5.1 Contaminación por Hidrocarburos:

Son los agentes líquidos incluyen las aguas negras, los desechos industriales, los derrames de combustibles derivados del petróleo, son los cuales dañan básicamente el agua del río y con ello provocan enfermedades que puede llegar hasta la muerte de diversas especies acuáticos y terrestres («Tesis Carlos Gutierrez Al.pdf», s. f.)

6.5.2 Impactos Ambientales de los Hidrocarburos

El efecto negativo de los hidrocarburos, se produce: en la vegetación de manera directa ocasionando la muerte y de manera indirecta afectando las condiciones físicas del agua alterando su fertilidad (Sangabriel W., et al., 2006); en el agua algunos hidrocarburos flotan formando una película superficial, otros (los más pesados) sedimentan y se acumulan en el fondo limitando la disponibilidad de alimento para los peces y macro invertebrados existentes; y en el suelo, algunos compuestos se volatilizan, otros migran al subsuelo contaminando el agua subterránea y otros permanecen adheridos a las partículas por largos periodos de tiempo (U.S. department of health and human services. 1999).

La contaminación de suelos y cuerpos de agua, por hidrocarburos también generan impacto sobre la salud humana por sus características corrosivas, explosivas, inflamables y tóxicas, lo que llevó a la Agencia de Protección Ambiental (USEPA) de EE.UU. clasificarlos por como contaminantes primarios, y por Colombia a través del Convenio de Basilea aprobado por la Ley 253 de 1996 (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial) como residuos peligrosos.

En la actualidad existen técnicas *ex situ* e *in situ* para la remediación de aguas contaminadas con hidrocarburos, pero presentan altos costos (Sangabriel et al., 2006). Para la remoción o degradación de los derivados del petróleo se han usado varios tipos de tecnologías entre las que se encuentran las físicas, químicas y fisicoquímicas.

Los tratamientos físicos recurren a técnicas de separación física como la extracción por vapor que utiliza la diferencia de 26 presiones, la extracción de solventes a través de la diferencia de solubilidad y la termo desorción que usa la temperatura; los tratamientos químicos emplean técnicas de reacciones bioquímicas y los tratamientos fisicoquímicos emplean procesos de reacción fisicoquímicos como la solidificación, incorporación al asfalto e incineración (Kostecki et al., 2005).

Para contrarrestar los altos costos que conllevan las tecnologías de remediación convencionales se ha promovido el desarrollo de tecnologías biológicas de tratamiento las cuales se basan en la capacidad que tienen los propios microorganismos del agua y los microorganismos asociados a algunos tipos de plantas, para transformar o degradar compuestos orgánicos en compuestos químicos más sencillos, logrando incluso una degradación completa hasta bióxido de carbono y agua (Deyta y Saval, 1998).

La interacción raíz - microorganismos contribuye significativamente a la remoción, degradación o estabilización del contaminante, convirtiendo la fitorremediación y la biorremediación en estrategias menos costosas y ambientalmente amigables para sanear suelos contaminados con hidrocarburos (Cunningham, et al., 1996).

6.6 Métodos convencionales de tratamiento.

6.6.1 La electrocoagulación.

La electrocoagulación es una alternativa de solución a los graves problemas de contaminación causada por los diferentes efluentes industriales especialmente aquellos que liberan materiales pesados durante el proceso de producción. Es un proceso

combinado de coagulación y floculación que se desarrolla en un reactor electrolítico, es decir, que este recipiente contiene electrodos dotados de una fuente de corriente y están encargados de contribuir con los iones desestabilizadores de coloides que reemplazan las funciones de las sustancias químicas. (Ana María Meza-S., Juliana Rubio-M., Lucimar G-Dias, Jeymmy M-Walteros, 2017)

6.6.2 Extracción con disolventes

(Marin Galvin, R., 2012) manifiesta que: En las técnicas extractivas en las que se hace uso de los coeficientes de reparto de una sustancia dada frente a otra u otras, es decir, de su distinta afinidad con relación a los componentes existentes en mezclas de sustancias variadas, suelen emplearse compuestos orgánicos activos, para extraer otros compuestos orgánicos e inorgánicos contaminantes del efluente.

6.6.3 Costos de tratamientos convencionales.

Estudios realizados en la Universidad Politécnica Nacional diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales provenientes de las descargas de un centro comercial de la ciudad de Quito mediante procesos de electrocoagulación y adsorción en carbón activado, el costo en la construcción es 4 560,00 \$ y la celda para electrocoagulación EC-201 es 14 500,00 \$. (Suárez, 2014)

Tabla 2: Costos de tratamientos convencionales

	TRATAMIENTO	COSTOS	LIMITANTES
FILTRACIÓN	Filtros de arena	Costo bajo de inversión en infraestructura, costo elevado de terreno.	No pueden remover turbiedades elevadas y que requieren de grandes superficies.
	Filtros de tierras diatomáceas	Costo bajo de inversión y de manejo.	No retienen materia orgánica.
	Filtros de carbón activado	Costo bajo de inversión, costo	No remueven bacterias, metales,

		medio de mantenimiento.	nitratos, generan residuo.
DESINFECCIÓN	Cloro	Costo bajo de inversión, costo medio de mantenimiento.	Generación de subproductos.
	Cloramina	Costo medio de inversión y de mantenimiento.	Poder desinfectante limitado.
	Ozono	Costo elevado de operación.	Escaso poder residual.
	Luz ultravioleta	Costo medio de inversión y operación.	No previene recrecimiento bacteriano.
FILTROS DE MEMBRANA	Micro filtración	Costo moderado de inversión y operación.	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana.
	Ultrafiltración	Costo elevado de inversión y operación.	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana.
	Nano filtración	Costo muy elevado de inversión y operación.	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana.
	Osmosis Inversa	Costo muy elevado de inversión y operación.	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana, requiere manejo de sal muera.

6.7 Métodos alternativos

6.7.1 Fitorremediación:

Es el uso de las plantas y los microbios del suelo asociados para reducir las concentraciones o los efectos tóxicos de los contaminantes en los ambientes. Es una tecnología relativamente reciente y se percibe como rentable, eficiente, respetuoso del medio ambiente. Estas fitotecnologías ofrecen numerosas ventajas en relación con los métodos fisicoquímicos que se usan en la actualidad, por ejemplo, su amplia aplicabilidad y bajo costo. (Caviedes Rubio et al., 2015), entre este método podemos encontrar las IFAs cuya aplicación requiere un bajo costo y es una alternativa ecológica.

6.7.2 Capacidad de Fitorremediación:

Las plantas tienen la capacidad de absorber ciertos contaminantes en función de distintos procesos de acumulación que estas pueden desarrollar, cabe destacar que estos procesos dependerán de la calidad y resistencia de las plantas que se vaya a utilizar.

6.7.3 Mecanismos de Fitorremediación:

- **Fito-estabilización:**

Permite el uso de plantas capaces de transformar los metales pesados a largo plazo en elementos de menor grado de peligrosidad para el suelo y agua, también tiende a estabilizar estos contaminantes.

- **Fito-extracción:**

También conocida como Fitoacumulación este proceso empieza particularmente por la captación de los metales pesados, esto se lleva a cabo principalmente por la raíz debido a que esta es la vía de ingreso de cualquier contaminante, primordialmente estos se distribuyen y se almacenan en algunas partes de la planta (Ortiz, Trejo, Valdez, Arreola, Flores, & López, 2009).

- **Fito-volatilización:**

Es un proceso en que las planta captar los metales pesados y estas tienen a alterarlos o modificarlos dentro del interior de la misma para luego estos ser expulsados a través de las hojas a la atmósfera por medio de la transpiración de la planta (Lumelli, 2010).

- **Fito-estimulación:**

Es el uso de plantas que ayudan a la estimulación de los microorganismos presentes en el suelo, con el principal objetivo de elevar la actividad microbiana para así facilitar la degradación de los contaminantes, por lo general estos microorganismos tienen una vinculación directa con la raíz (Muños, 2013)

- **Fito-degradación:**

Asocia a las plantas con los microorganismos para dar origen a la degradación la planta tiende a liberar ciertas sustancias propias de ellas con grandes cantidades de carbono orgánico esto a ayuda a degradar los contaminantes en compuestos simples que serán asimilados por la planta para su crecimiento (Muñoz, Nevárez, Ballinas & Peralta, 2010).

- **Rizo-filtración:**

Tiene una similitud con la fitoextracción ya que estas tienden a absorber los contaminantes, en el caso de la rizo-filtración no se emplea las planta en el suelo, a estas se las tiende a cultiva median un sistema hidropónico dentro de un invernadero para desarrollar las raíces este método se utiliza para tratar aguas industriales (Muños, 2013)

6.7.4 Fitorremediación ventaja y desventaja:

El uso de ciertas tecnologías para la remediación de suelos contaminados en particular va a tener mayores beneficios que otras dependiendo al costo que estas utilicen y también a los problemas de adaptación, en estudios ya realizados dan a conocer que la fitorremediación es una solución para la descontaminación de aguas con hidrocarburos, este método como todos va a tener sus limitaciones en el tiempo de recuperación. (Muños, 2013)

Aunque la fitorremediación una técnica económica y en muchos sentidos benéfica para la recuperación de los suelos y aguas, puede contener algunas desventajas que deben ser conocidas antes de iniciar un proyecto de recuperación utilizando como fundamento dicha técnica. En base a la bibliografía revisada se identificaron cuatro factores relevantes a tener en cuenta al momento de elegir las especies más adecuadas para llevar a cabo una recuperación de suelos y cuerpos de agua afectados por hidrocarburos:

1. La profundidad de la raíz de la especie vegetal a elegir.
2. Tipo de contaminante
3. Parte del suelo afectada (horizonte), o en lo referente a cuerpos de agua superficialidad o profundidad.
4. Tiempo. Este último es de gran importancia puesto que tener la certeza del tiempo transcurrido desde que ocurre la contaminación hasta que se inicia la fitorremediación permite estimar la profundidad de penetración del contaminante y de esta manera elegir las especies más adecuadas.

Al utilizar especies arbóreas con raíces profundas, permite la absorción de contaminantes a profundidades hasta de 2 metros; pero si por el contrario, se usan especies como gramíneas o leguminosas el desarrollo de sus raíces es superficial permitiendo, la absorción, degradación o inmovilización de sustancias acumuladas en la superficie. El tipo de contaminante, su presencia en los horizontes del suelo y, de esta manera, elegir las especies más apropiadas para iniciar la recuperación. Finalmente, el tiempo que tarda la especie en establecerse; puesto que dependiendo de la especie, su velocidad de crecimiento y desarrollo se pueden obtener resultados de meses e incluso años.

Tabla 3: Ventajas y desventajas de la fitorremediación

Ventajas	Desventajas	Fuente
Las plantas pueden ser utilizadas como bombas extractoras para depurar suelos y aguas contaminadas.	El proceso se limita a la profundidad de penetración de las raíces o a aguas poco profundas.	Zhou et al. (2015); Shen et al. (2013)
La fitorremediación es método apropiado para descontaminar superficies grandes o para finalizar la descontaminación de	La fitotoxicidad es un limitante en áreas fuertemente contaminadas. Riesgo para la cadena alimenticia, si se	Harvey et al. (2013); Thakur et al. (2016)

áreas restringidas en plazos largos.	eligen especies utilizadas como fuente de alimento.	
La fitorremediación es una metodología con buena aceptación pública.	Los tiempos del proceso pueden ser muy prolongados.	Ibañez et al. (2016); Gerhardt et al. (2014)
La fitorremediación genera menos residuos secundarios.	Se requiere comprender mejor la naturaleza de los productos de degradación (fitodegradación)	Rezania et al. (2015)
Las plantas emplean energía solar. El tratamiento es in situ.	No todas las plantas son resistentes a crecer en presencia de contaminantes.	Weyens et al. (2015); Fawzy et al. (2012)

Fuente: Rezania et al. (2015)

Finalmente, el impacto de los derrames de hidrocarburos tiene consecuencias a corto y largo plazo. El impacto inmediato es de características graves, pues generalmente involucra la mortalidad masiva de aves, peces, mamíferos e invertebrados marinos. Las poblaciones afectadas tardan un tiempo considerable en recuperarse. Un tiempo después, algunos componentes tienden a solubilizarse y otros a oxidarse, conformando bolas de alquitrán, que según reportes causan daños importantes y mortalidad de las comunidades afectadas, como microorganismos asociados al suelo o cuerpos de agua, macroinvertebrados, hongos, plantas y animales. La fracción aromática de los hidrocarburos del petróleo es la que presenta mayor toxicidad y efectos cancerígenos; luego de su incorporación a los organismos por ingestión o a través de las membranas braquiales se acumula principalmente en los tejidos grasos (Moreno. 2006), permitiendo de esta manera su acumulación a través de las diferentes redes tróficas que se forman en los ecosistemas magnificando su toxicidad.

6.8 Fitorremediación en agua.

En lo referente a los procesos de fitorremediación en cuerpos de agua son muchos los estudios e investigaciones que se han realizado cuando los contaminantes son principalmente aguas residuales o dado el caso metales pesados. No obstante, cuando nos referimos a aguas contaminadas con hidrocarburos la cantidad de publicaciones

disminuyen drásticamente; esto puede ser, debido a la particularidad en lo referente a la composición de dichas sustancias, puesto que en casos de derrames en cuerpos de agua estos pueden ser retirados de forma manual, por medio de adición de químicos (aparentemente más rápidos) que en la mayoría de los casos son más tóxicos que los propios hidrocarburos, como en el caso del Golfo de México. También puede ser debido a que el agua presenta la particularidad del movimiento como ríos o mares, dificultando de dicha forma la plantación de especies vegetales, además de ser un proceso que puede tardar desde meses hasta años. En los últimos 10 años, Ferrera-Cerrato et al. (2006) reportan la capacidad de las microalgas para biotransformar y biodegradar contaminantes orgánicos como hidrocarburos, plaguicidas; las microalgas y cianobacterias proveen carbono reducido y nitrógeno a la microbiota presente en los ecosistemas acuáticos, lo que incrementa el potencial de degradación y eliminación de contaminantes.

6.8.1 La fitorremediación y su papel en la recuperación de ambientes contaminados con hidrocarburos.

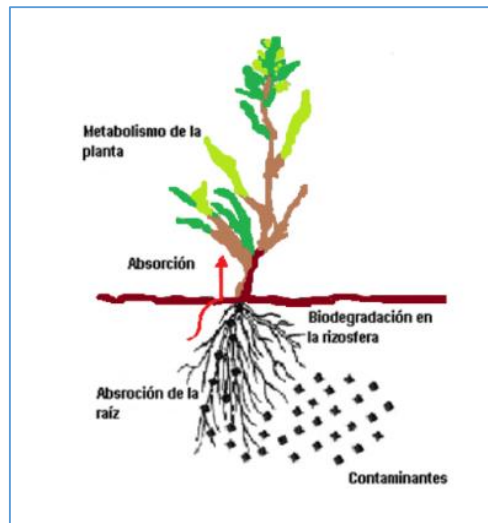
Como alternativa para recuperar aguas contaminadas con hidrocarburos se ha establecido la utilización de elementos biológicos que contribuyen a la oxidación, degradación, transformación y completa mineralización de estos contaminantes (Ferrera-Cerrato et al. 2006).

La fitorremediación como técnica biológica permite llevar a cabo la descontaminación de suelos o la depuración de aguas residuales, debido a la capacidad restauradora de algunas plantas. Dicha técnica engloba un conjunto de métodos encargados de degradar, asimilar, metabolizar o detoxificar contaminantes; mediante tratamientos in situ (Mahar et al. 2016). De igual forma, la fitorremediación se basa en los procesos que ocurren naturalmente por los cuales las plantas y los microorganismos rizosféricos degradan y sequestran contaminantes orgánicos e inorgánicos (Lin & Li. 2016). Las plantas también ayudan a impedir que el viento, la lluvia y las aguas subterráneas extiendan la contaminación a otras zonas.

En lo referente a la recuperación de suelos. Mahar et al. (2016), reportan las técnicas de Fito extracción y Fito estabilización como métodos alternativos prometedores para la recuperación de suelos. Mientras Almeida et al. (2015) sugieren el potencial de por *Canavalia ensiformis* como Fito estabilizadora del cobre en suelos arenosos. En general,

son varias las opciones que ofrecen las plantas a la hora de recuperar suelos o aguas contaminadas.

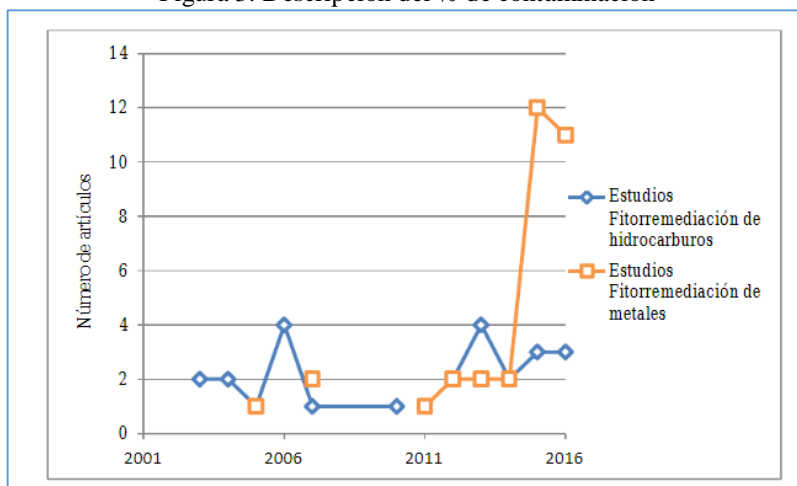
Figura 2: Características de la planta



Fuente: Gerhardt et al. (2017)

El crecimiento de las plantas altera las propiedades del agua y suelos, lo que puede facilitar la remediación de compuestos tanto orgánicos como inorgánicos, de esta manera tanto los hidrocarburos como los metales pueden ser captados por las plantas, evitando la extensión el daño en los ecosistemas; sin embargo, la literatura muestra que las investigaciones en fitorremediación se han centrado en la recuperación de sitios contaminados por metales por encima de los hidrocarburos, de esta manera, se puede formular la hipótesis que existe una mayor preocupación por parte de la ciencia por la eliminación de metales de los ecosistemas, por encima de los hidrocarburos, esto puede ser debido a que sus efectos pueden llegar a ser más perjudiciales por tratarse de compuestos inorgánicos.

Figura 3: Descripción del % de contaminación



Fuente: Gerhardt et al. (2017)

Estudios realizados sobre fitorremediación como estrategia biotecnológica para recuperar ambientes contaminados con hidrocarburos (naranja) y ambientes contaminados con metales (azul) entre 2003 – 2016

Gerhardt et al. (2017) reporta que el éxito de la fitorremediación depende, ante todo, de la selección juiciosa de las especies de plantas, su capacidad de sobrevivir, el clima en la región geográfica en un sitio dado es un requisito absoluto; además es necesario que las plantas elegidas para la fitorremediación también tengan tolerancia a concentraciones relevantes del contaminante que se está remediando, capacidad para crecer en suelos y aguas pobres, crecimiento rápido y alto, la producción de biomasa y raíces profundas y densas.

6.8.2 Evaluación de la fitorremediación

Hernández y Mager (2003) evaluaron la capacidad de las gramíneas *Panicum máximum* y *Brachiaria brizantha* para fitorremediar un suelo contaminado levemente 3% con hidrocarburo de petróleo; estas plantas fueron seleccionadas gracias a su rápida capacidad de germinación y crecimiento, dicha concentración del 3% no afectó la capacidad germinativa de las semillas; *B. brizantha* tendió a ser más tolerante, con una sobrevivencia del 82% respecto al 64% que presentó *P. máximum*.

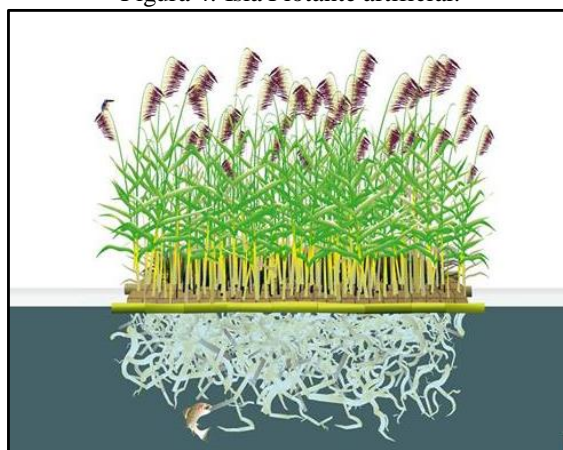
6.9 Los humedales

Áreas de pantano, pantano, turberas o aguas, naturales o artificiales, permanentes o provisionales, con los elementos estático o fluyendo, fresco, salobre, incluyendo áreas de agua marina, a una profundidad que no supera 6 m. Humedales Incluye pantanos, ciénagas, cacerolas, ciénagas, estanques, camas de caña, y estuarios. (Ramsar., 1971)

6.10 Islas flotantes artificiales IFAs

Las Islas Flotantes Artificiales (IFAs), denominadas en inglés “Floating Treatment Wetlands” (FTWs) son sistemas flotantes de humedales artificiales que son diseñados en base a los sistemas flotantes naturales como son el caso de los humedales existentes en diferentes cuerpos de agua, tienen el propósito de ser aplicadas en lagos y lagunas como método de remoción de contaminantes como metales pesados e hidrocarburos y como método de restauración de ecosistemas acuáticos, están estructuradas por una estera orgánica gruesa flotante que soporta el crecimiento de las plantas macrofitas, las cuales han demostrado ser eficientes en la remoción de contaminantes.

Figura 4: Isla Flotante artificial.



Fuente: («Participa construyendo la isla flotante | Zona Camargo», s. f.)

Las IFAs remueven contaminantes por varios mecanismos tal como Wang, (2011) explica mediante la absorción o adsorción de nutrientes mediante las raíces se producen biopelículas que aportan con la degradación de materia orgánica, también se llevan a cabo procesos de liberación de enzimas extracelulares, sedimentación, unión de contaminantes y floculación.

6.10.1 Historia

Las IFAs pertenecen a las tecnologías ambientales emergentes. Fueron originalmente desarrolladas en los años 50 con el objetivo de crear áreas de desove para peces, pero no tuvieron acogida hasta 1995. En Alemania, Estados Unidos y Japón decidieron implementarlas en lagos y lagunas como método de remoción de contaminantes obteniendo buenos resultados (YeH & Chang, 2015).

En las últimas dos décadas, las islas flotantes aparecen como una evolución de los humedales artificiales o filtros verdes y se han estudiado en diversas partes del mundo, para diferentes aplicaciones, tales como la mejora de la calidad del agua, la creación de hábitats y la depuración de distintos tipos de aguas residuales (Jiang, et al., 2003).

6.10.2 Estructura

Matriz flotante: La flotabilidad, puede ser provista en las estructuras de las IFAs por tubos de polivinilo o polipropileno sellados, láminas de poliestireno, bambú y almohadillas de vinilo inflables. El medio de crecimiento de las plantas tiene que ser seleccionado con precaución para favorecer el desarrollo de las raíces, así como su colonización por biopelículas (Fonseca & Clairand, 2017).

Para ello es recomendable rellenar la estructura interna con fibras naturales como las de coco, caña de bambú, caña y paja de cebada o con polímeros sintéticos.

Figura 5: Estructura flotante, fibra de coco.



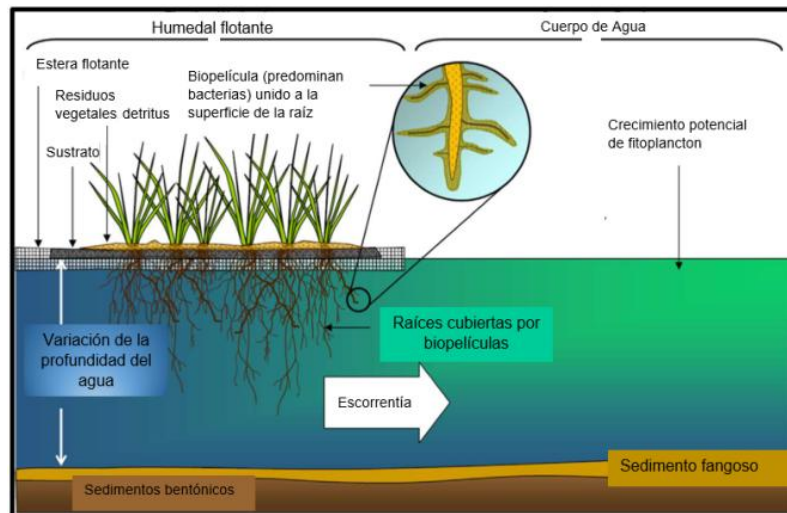
Fuente: (Fonseca & Clairand, 2017)

6.10.3 Funcionamiento.

Se basa en los sistemas flotantes naturales existentes en diferentes cuerpos de agua y están estructuradas por una estera orgánica gruesa flotante que soporta el crecimiento de las plantas. El sistema está diseñado con aireadores que brinden dinamismo al cuerpo hídrico.

El agua atraviesa por debajo de la estera por las secciones de las plantas sumergidas y mientras los contaminantes son removidos por la superficie de las raíces que forman biopelículas, estas atraen bacterias benéficas que existen en varios cuerpos de agua, su función es descomponer los contaminantes que existen en el flujo del agua (YeH & Chang, 2015).

Figura 6: Funcionamiento del sistema



Fuente: (Yeh, & Chang, 2015)

El sustrato brinda soporte, estabilidad y supone un lecho de cultivo que permite el crecimiento de macrófitas y gramíneas, además funciona como aislante para preservar el desarrollo de los tallos y evita problemas de enfermedades y plagas.

La vegetación inicialmente cumple todas sus funciones fisiológicas, la raíz es cubierta por una biopelícula que alberga comunidades microbianas siendo el componente primordial para la remoción de contaminantes, el agua contaminada circula en función de la columna de agua, atraviesa la rizosfera y al estar en contacto con la matriz flotante, es así que nitratos y fosfatos son absorbidos para el desarrollo vegetativo, mientras que los metales pesados son bioacumulados y fijados en tallos y hojas.

6.11 IFAs Ecuador

En Guayaquil se implementó el proyecto piloto tiene un costo de inversión de USD. 399 mil dólares, de los cuales USD. 200 mil dólares provienen de la Agencia de Cooperación y Coordinación Turca (TIKA) que aportarán a la limpieza y oxigenación de uno de los ramales del Estero Salado. (Telégrafo, 2017)

Las 40 islas y dos lechos flotantes instalados por el Ministerio de Ambiente, fueron ubicados en junio de 2017 y tienen la finalidad de mejorar la calidad del agua y reducir los niveles de contaminación por coliformes fecales y totales. Además, cuenta con un sistema de aireación, como complemento para contribuir en el proceso de oxigenación y depuración del agua (MAE, 2017)

Se escogió el estero Palanqueado por ser uno de los ramales del Salado en el que ya existió la intervención por parte del Gobierno, para ello tres meses antes de la implementación de las 40 islas, fue realizado un estudio sobre las condiciones del caudal, calidad y profundidad.

Figura 7: Islas Flotantes en Guayaquil



Fuente: (MAE, 2017)

6.12 Plantas gramíneas

Gramíneas: Son una de las especies más abundantes del mundo se estima que ocupan alrededor del 20% a nivel mundial, por lo general son pastos (anuales, perennes), y cereales. Estudios han demostrado que ciertas plantas gramíneas tienen la facilidad de absorber metales pesados en suelo contaminados con hidrocarburos (Gélvez, 2015).

6.12.1 Pasto guinea (*Panicum máximum*)

El *Panicum maximum* es una gramínea perenne, de origen africano y de hábito de crecimiento fuerte, forma macollas, pueden alcanzar hasta 3 m de altura y de 1 a 1.5 m de diámetro de la macolla.

Tabla 4 Taxonomía *Panicum maximum*.

TAXONOMÍA	
Reino	Plantae
Phylum	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Género	Panicum
Especie	Panicum máximo

Fuente: (Jacq, 1998)

Figura 8: (*Panicum maximum*)



Fuente: (Warmke, 1954)

6.12.2 Fenología (*Panicum maximun*) - Etapas del ciclo.

- **Latencia/dormancia.**

En Colombia y en países de América del Sur la latencia de *Panicum Maximum* se efectúa en los meses de octubre y noviembre respectivamente, ya que en estos meses es donde hay más lluvias (Najarro, 1995).

- **Germinación/ brotamiento y emergencia.**

La germinación de la semilla tarda 30 días, aumentando la eficiencia con el tiempo de almacenamiento, con la mejor germinación a los 160 - 190 días después de la cosecha.

El sistema radicular es abundante y profundo y se podría decir que tiene su formación completa cuando la planta se mide por primera vez durante el cuarto mes. (León, 1977)

- **Crecimiento.**

A partir de la germinación inicia el proceso de crecimiento que durante el primer mes de crecimiento y maduración fisiológica se realiza un corte de igualación por encima de los nudos, en un estudio realizado por Vargas y otros (2014), El crecimiento del pasto *Panicum maximum* vs Mombaza en la Amazonía Ecuatoriana, se puede observar una tasa de crecimiento absoluto y desarrollo de las estructuras morfológicas del pasto, en condiciones de ecosistemas amazónicos para los factores estudiados de edad y altura, donde se observó que existe un crecimiento acelerado hasta los 40 días a razón de 2.5 cm por día.

- **Floración/fructificación**

La floración de *Panicum Maximum*, presenta dos floraciones al año, una entre mayo y junio, y la otra entre septiembre y octubre. Es buena productora de semilla gámica como vegetativa; produce abundantes espiguillas Ruiz. (2015)

En Colombia, Alarcon y otros (1969) encontró que las espiguillas maduran 32 días antes de la anthesis, por otra parte en Filipinas la floración tarda alrededor de 80 minutos.

Panicum maximun, es una planta apomictica, facultativa y pseudogamica con un 2 o 3 % de reproducción sexual, la que efectúa por polinización cruzada o autopolinización y esta estimación se mantiene en la progenie de las plantas sexuales. (Combes, 1970)

6.12.3 Requerimientos agro-ecológicos.

- **Clima.**

De acuerdo con la descripción de la FAO, las regiones tropicales y subtropicales es donde esta especie se ha desarrollado de manera favorable, las precipitaciones de estas áreas son de 1000 a 1800mm anuales, la planta puede desarrollarse entre los pisos altitudinales de 1000 hasta las 1600 msnm.

- **Temperatura.**

Se desarrolla durante los meses más cálidos en que la temperatura excede los 40°C y la temperatura de los meses más fríos no desciende de los 17°C,

- **Precipitación:**

La achira requiere de lluvias moderadas y bien distribuidas; resiste a periodos de sequias; el exceso de humedad puede provocar un desarrollo anormal del follaje y de los rizomas presentándose pudrimiento general de la planta. El requerimiento de agua durante el periodo vegetativo es de 800 a 1200 mm Cueva and Erreis, (2008).

- **Luminosidad:**

La achira es una planta de fotoperiodo neutro, es decir, no es afectada por las longitudes de las horas luz o de oscuridad Sánchez (1978).

- **Suelo.**

El *Panicum maximum* crece en distintos tipos de suelos. La guinea puede sobrevivir completamente a un largo período de sequía, pero solo muestra sus mejores condiciones húmedas con pH superior a 6,5 y suelos franco-arcillosos. (Bernal 2003).

- **Agua:**

De manera general se puede afirmar que el cultivo de achira no se riega artificialmente, debido a que en las regiones se siembra esta especie caen más de 1300 mm de lluvia por año. En cultivos tecnificados es necesario utilizar riego suplementario si se presentan periodos secos, principalmente en la fase inicial de desarrollo del cultivo. En términos generales cuando la evaporación de un lugar es mayor que la precipitación se debe emplear riego Gonzales (1987). La excesiva humedad causa un desarrollo anormal del follaje. El requerimiento de agua durante el periodo vegetativo es de 800 a 1120 mm bien distribuidos.

7. METODOLOGÍAS (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS)

7.1.- Área de Estudio

Las aguas objeto del estudio corresponden hidrológicamente a las aguas que encausan por el río Cutuchi, estas forman parte de la Demarcación Hidrográfica de Pastaza que corresponden según la metodología de PFAFSTETTER a nivel No.5.

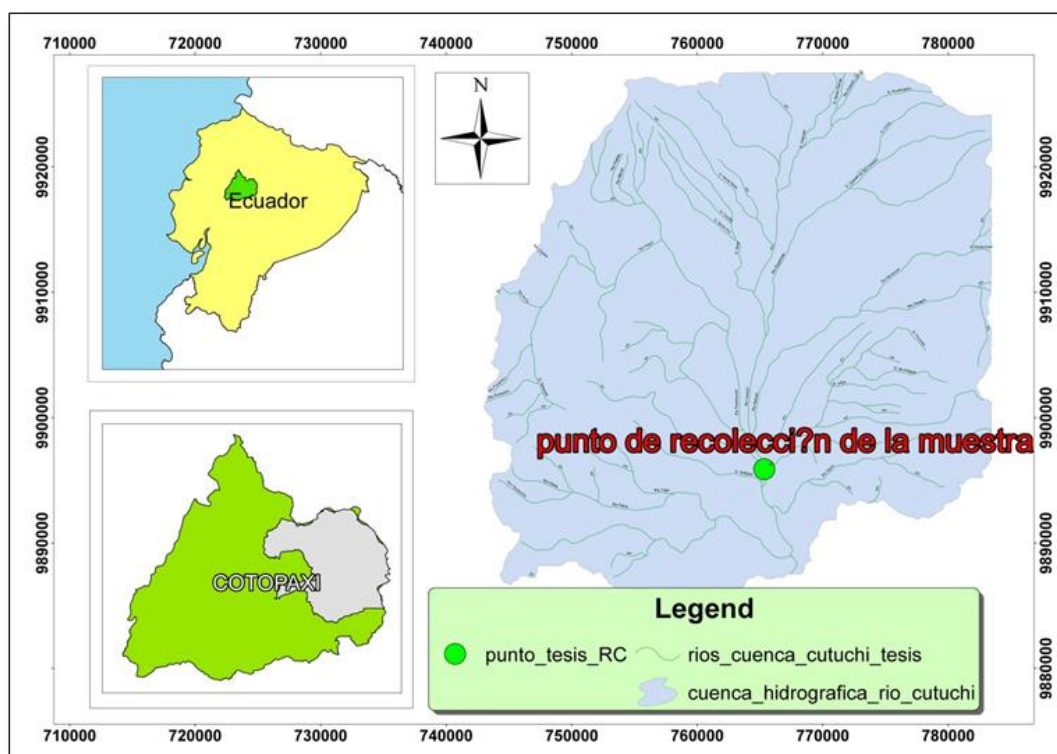
La micro cuenca del río Cutuchi se encuentra ubicada en los cantones de Latacunga, Salcedo y parte de Ambato, nace de los deshielos del volcán Cotopaxi, su trayecto es de 100.591 km. (INAMHI, 2016).

El proyecto de investigación se desarrolla en las instalaciones del campus Salache, Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de ciencias Agropecuarias.

7.1.1 Sitio de recolección del agua

La toma de muestra se realizó en la división política 05 Cotopaxi, 01 Latacunga, en el área de influencia de descargas municipales, industrial y hospitalarias, específicamente en las coordenadas UTM-WGS-84-Z17S 765344 E- 9895887 N a una altura aproximada de 2398 msnm. (Figura 9)

Figura 9: Cuenca del río Cutuchi.



Elaborado por: Sinchiguano Luis, 2019

El recurso hídrico en estudio se ha recolectado en la zona centro norte de la microcuenca del río Cutuchi, es una importante área de influencia de descargas municipales, industrial

y hospitalaria. División política 05 Cotopaxi, 01 Latacunga, su ubicación geográfica y coto aproximado se presenta en la siguiente tabla:

Captación de aguas objeto de investigación.

Tabla 5: coordenadas punto de muestreo

Coordenadas UTM WGS- 84-Z17S		
X	Y	Cota aproximada
765344	9895887	2398

Fuente: Autores, (2019)

7.1.2 Delimitación del área para el proyecto.

El proyecto de investigación se encuentra ubicado en la provincia de Cotopaxi cantón Latacunga en el sector Salache, de la Universidad Técnica de Cotopaxi Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

7.2 Protocolos de toma de muestra

7.2.1 Protocolo de muestreo de acuerdo con las Normas de INEN Agua. Calidad de Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras

7.2.1.1 Muestreo

- Llenado del recipiente. En muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros físicos y químicos, llenar los frascos completamente y taparlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte.
- La refrigeración o congelación de las muestras es efectiva si se la realiza inmediatamente luego de la recolección de la muestra. Se debe usar, cajas térmicas o refrigeradores de campo desde el lugar del muestreo.
- Filtración y centrifugación de muestras, la materia en suspensión, los sedimentos, las algas y otros microorganismos deben ser removidos en el momento de tomar la muestra o inmediatamente después por filtración a través de papel filtro, membrana filtrante o por centrifugación.
- Adición de conservantes Los compuestos químicos de más uso son: a) ácidos, b) soluciones básicas, c) biácidos y d) reactivos especiales, necesarios para la conservación específica de ciertos elementos (por ejemplo: para la determinación

de oxígeno, cianuros totales y sulfitos se requiere de la fijación para los mismos en la muestra inmediatamente en el sitio de la recolección).

- Es preferible realizar la adición de conservantes usando soluciones concentradas de tal forma que sean necesarios volúmenes pequeños; esto permite que la dilución de las muestras por estas adiciones no sea tomada en cuenta en la mayoría de los casos. Realizar un ensayo del blanco, cuando se determinan trazas de elementos, para evaluar la posible introducción de estos elementos en la adición de los conservantes; (por ejemplo: los ácidos pueden introducir cantidades significativas de mercurio, arsénico y plomo). En este caso se deben usar los mismos conservantes empleados en la muestra para preparar el ensayo del blanco.
- Transporte de las muestras, los recipientes que contienen las muestras deben ser protegidos y sellados de manera que no se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte. El empaque debe proteger los recipientes de la posible contaminación externa y de la rotura, especialmente de la cercana al cuello y no deben ser causa de contaminación.
- Durante la transportación, las muestras deben guardarse en ambiente fresco y protegidas de la luz; de ser posible cada muestra debe colocarse en un recipiente individual impermeable. Si el tiempo de viaje excede al tiempo máximo de conservación recomendado antes del análisis, estas muestras deben reportar el tiempo transcurrido entre el muestreo y el análisis.
- Recepción de las muestras en el laboratorio, las muestras deben, si su análisis no es posible inmediatamente, ser conservadas bajo condiciones que eviten cualquier contaminación externa y que prevengan cambios en su contenido.(INAMHI, 2016)

Rotulado

Los recipientes que contienen las muestras deben estar marcados de una manera clara y permanente. Al momento del muestreo todos los detalles que ayuden a una correcta interpretación de los resultados (fecha y hora del muestreo, nombre de la persona que muestreó, naturaleza y cantidad de los conservantes adicionados, tipo de análisis a realizarse y otros parámetros importantes que no se haya tenido en cuenta.)(INAMHI, 2016)

7.2.1.3 Protocolo de muestreo de acuerdo con las especificaciones del INAMHI

Tabla 6: Requerimientos para la toma de muestra de TPH

REQUISITOS PARA LA TOMA DE MUESTRAS				
PARÁMETRO	VOLUMEN MINIMO DE LA MUESTRA	ENVASES	PRESERVAN TE	RECOLECCIÓN
TPH	2 Envases de 250 ml	Vidrio ámbar	5 ml de HCL Y (6:1)	Recoger la muestra directamente por duplicado en los envases de vidrio ámbar, añadir 5 ml de HCL (6:1), cerrar, mantener en refrigeración con hielo hasta que llegue al laboratorio.

Fuente: INAMHI, (2019)

7.3 Adecuación de un medio controlado para la instalación del sistema

En las instalaciones de los laboratorios CAREN se construyó un meso-cosmo, que proporcione un ambiente de temperatura controlada para el desarrollo de las especies vegetativas, este fue construido con vigas de madera y cubierto totalmente con plástico reciclado.

7.4 Construcción de la matriz flotante

7.4.1 Selección de materiales:

La matriz flotante se construyó con materiales reciclables y de bajo impacto ambiental, el marco está constituido por tubos y codos PVC de 2,5 pulgas, botellas plásticas, pegamento de tubo, malla de policloruro de vinilo de 1.5 cm de abertura, y correas de PVC. Estos materiales han sido seleccionados por su durabilidad y disponibilidad en el medio.

7.4.2 Ensamblado de la matriz flotante:

Los procesos se deben repetir de acuerdo al número de matrices que se vayan a construir, para el objeto de estudio se ha construido un total de tres y se describe el procedimiento para una sola matriz.

- Se debe adquirir 4 tubos de 32 cm de longitud, para las uniones se usan 4 codos 2,5 pulgadas, 16 amarras plásticas para sujetar la malla al tubo, una malla cuadrada de 42 cm y de 1,5 cm de abertura del agujero y para asegurar la infiltración del agua debemos tener pegamento para tubo.
- Para ensamblar la pequeña isla flotante se procedió a unir los tubos y codos formando un cuadrado, el cual para mayor seguridad y para que no se filtre el agua a los tubos estos fueron sellados con pega tubo y silicona en sus alrededores de sus uniones.
- Una vez que se haya secado se procede con la fijación de la malla de soporte que debe medir 42cm en todos sus extremos.
- Finalmente se utiliza 16 amarras de PVC para asegurar la malla al marco y se retira los excesos de materiales que sobresalgan de la matriz.
- La matriz flotante tiene un área de 0,12 m² y un perímetro 1,44 m.

7.5 Implementación de sustrato

7.5.1 Elaboración de sustrato:

El humus no requiere de un proceso de elaboración por lo que se adquiere de un centro de insumos agrícolas.

Las rocas pumina se obtiene de las riveras de los ríos y cuando son muy grandes se aplica una molienda manual para tener un adecuado tamaño y peso, ya que el peso influiría para que la isla pueda flotar.

La fibra de coco requiere de un proceso de modificación del coco natural hasta llegar a tener la fibra como tal, la cual se detalla a continuación

- La fibra se extrae de manera manual de la corteza del coco, la cual debe quedar a manera de hilos.
- Con el coco ya desmenuzado en hilos procedemos al lavado que se lo realiza con abundante agua, la sal se debe ir incorporando de manera progresiva con la finalidad de eliminar los aminoácidos de la fibra.
- Se realiza un nuevo lavado que retire la sal.
- Finalmente secamos la fibra de coco en la estufa del Laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, durante 2 horas a una temperatura controlada a 120°C.

Tabla 7: Materiales para la elaboración del sustrato

Sustrato	Materiales
Fibra de coco	Agua Bandeja de aluminio Estufa binder 3 kg de fibra de coco
Humus	13,2 kg
Rocas pumita	Mortero y pistilo

Fuente: Autores, (2019)

7.5.2 Aplicaciones del sustrato en el sistema:

Los tres sustratos son combinados en la matriz flotante son dispuestos en función de la morfología de las especies vegetativas.

Tabla 8: Características del sustrato.

Sustrato	Función	Peso kg/ matriz flotante	Porcentaje %
Fibra de coco	Funciona como un aislante entre el agua y la planta lo que disminuye enfermedades y plagas.	0,24	25
Rocas pumina	Otorgar fijación y sostén.	0,20	22
Humus	Por su aporte de nutrientes facilita a germinación de las semillas.	0,50	53
Sustrato combinado	Propicia un medio idóneo para la interrelación de materia orgánica, planta y microorganismos.	0,94	100%

Fuente: Autores, (2019)

7.6 Adecuación del cuerpo hídrico

Para alojar estas aguas y a la estructura flotante se compró 3 tinas de polietileno con las siguientes características:

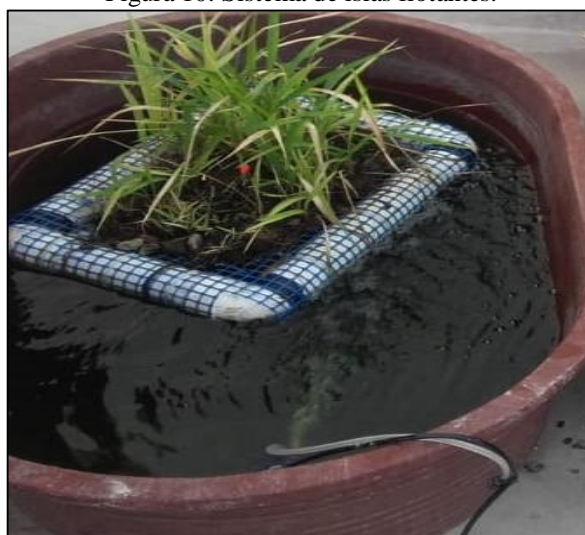
- Espesor de la tina 0.5 cm
- Su volumen tiene una capacidad de 100 litros, cabe mencionar que en la investigación se manejó un volumen de 77 litros.

Tabla 9: Características del estanque
características de estanques circulares

Diám	Altura mts	Vol. Máximo m3	Vol. Real m3	Sup. M2
1.5	0.9	1.59	1.33	1.77

Fuente: Fabricantes de tinas

Figura 10: Sistema de islas flotantes.



Elaborado por: Autores, (2019)

7.6.1 Sistema de Aeración

Tabla 10: Tabla: Función del sistema aireador.

Sistema	Estructura	Finalidad
	La bomba de aire funciona con energía eléctrica, este posee dos salidas y se han adaptado tres válvulas que distribuyen el oxígeno	Proporcionar dinamismo al cuerpo hídrico.

Bomba de Aire Oxygenador Compresor 5w.	a atreves de mangueras que llegan al interior de cada tina, en ese lugar se acopla un difusor que distribuye de manera homogénea el oxígeno.	Emular las condiciones de entradas y salidas de un reservorio.
----------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------

Fuente: Autores, (2019)

7.7 Adaptación de las especies vegetativas al Sistema.

Tabla 11: Adaptación del pasto guinea

Fase Especie	Trasplante/siembra	Adaptación
Pasto guinea, <i>Panicum maximum</i>	En el fondo de la matriz flotante se aplicó una capa de fibra de coco y una segunda capa de humus húmedo, y se esparció la semilla de pasto al voleo. Se cubrió con una capa de 1.5cm de humus, semi húmedo.	Es proceso de adaptación no tuvo mayor relevancia ya que la planta se encontraba en su etapa de crecimiento y las condiciones de temperatura fueron favorables.

Fuente: Autores, (2019)

7.8 Evaluación del crecimiento de la planta.

Para evaluar el desarrollo de las especies vegetativas en estudio, se realizó mediciones de las hojas de tres de cada especie, seleccionadas al azar. Las mediciones iniciaron el 26 de octubre del 2018 y de ahí en adelante se tomó mediciones cada jueves, mismas que terminaron el 31 de enero del 2019.

7.9 Determinación del porcentaje de remoción

Para determinar la eficiencia del sistema de islas flotantes con las especies en estudio, se analizan los datos y resultados de las concentraciones de nitratos, fosfatos y TPH obtenidos en cada una de las tinas instaladas, aplicando la siguiente ecuación del porcentaje de remoción.

$$\%R_N = \left(\frac{C_0 - C_1}{C_0} \right) * 100\%$$

En donde:

$\%R_N$ = El porcentaje de remoción del contaminante.

C_0 = El valor de concentración del parámetro inicial.

C_1 = El valor de concentración del parámetro final.

7.10 Análisis de los resultados:

El sistema de tratamiento está estructurado por tinas a manera de reservorio en el que se ingresa el agua cruda, un sistema de aireación que funciona constantemente para proporcionar dinamismo y circulación del agua; sobre la lámina de agua se ingresa la matriz flotante, esta matriz está compuesta por el lecho de cultivo (rocas pumina, fibra de coco, humus) y sobre este se apoya y se desarrolla las especies vegetativas. (*Panicum maximum*)

La depuración de los excedentes de: TPH se lleva a cabo mediante los procesos de absorción y adsorción que realiza la planta.

8. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.

La estructura de la isla con la especie *Panicum maximum* presento un área de 0.35m², desarrollada en un cuerpo de agua (77 L). El sustrato empelado fue: humus, fibra de coco y pumina que proporcionaron un medio aislante, de desarrollo y de sostén. Los resultados obtenidos del desarrollo de la especie vegetal *Panicum maximum* se aprecian en la, Figura 12. Las concentraciones y porcentaje del parámetro evaluado en condiciones controladas se aprecian en las Tablas de Concentraciones de TPH.

8. 1 Etapa fenológica de la especie Pasto guinea “*Panicum Maximum*”

8.1.1 Etapa de siembra y crecimiento de la planta

Se presenta la siguiente línea de tiempo que representa el crecimiento, desarrollo y adaptación de la especie vegetativa en el sistema IFAS, en un periodo de seis meses.

Figura 11: Etapa de crecimiento de *Panicum maximum*



Elaborado por: Autores, (2019)

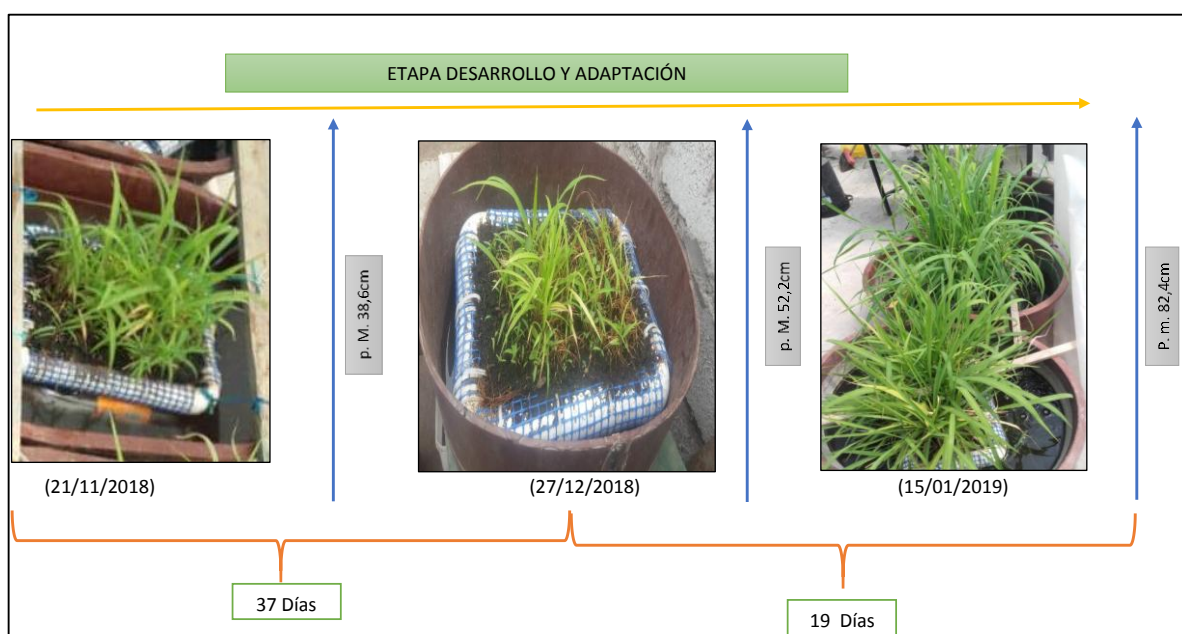
La primera etapa de germinación de la especie de *Panicum maximum* fue de 15 días. En la etapa de crecimiento se establecieron las siguientes fechas, del (27/07/2018) al (15/08/2018), se incorporan macronutrientes como son: nitrato de potasio (KNO_3) 5gr, Calcio boro 1,5gr, fosfato mono potásico (KH_2PO_4) 8gr, sulfato de magnesio (MgSO_4)

10 gr y nitrato de amonio ($\text{NO}_3(\text{NH}_4)_2$ 10gr, en donde transcurrieron 75 días llegando a una altura de 32,24 cm.

El periodo 27/07/2018 hasta 10/10/2018 (74 días), etapa de desarrollo de la especie Pasto guinea (*Panicum maximum*) se observó un promedio de crecimiento de 3.3 cm cada 15 días.

8.1.2 Etapa de desarrollo y adaptación de la planta

Figura 12: Etapa de desarrollo y adaptación de *Panicum maximum*



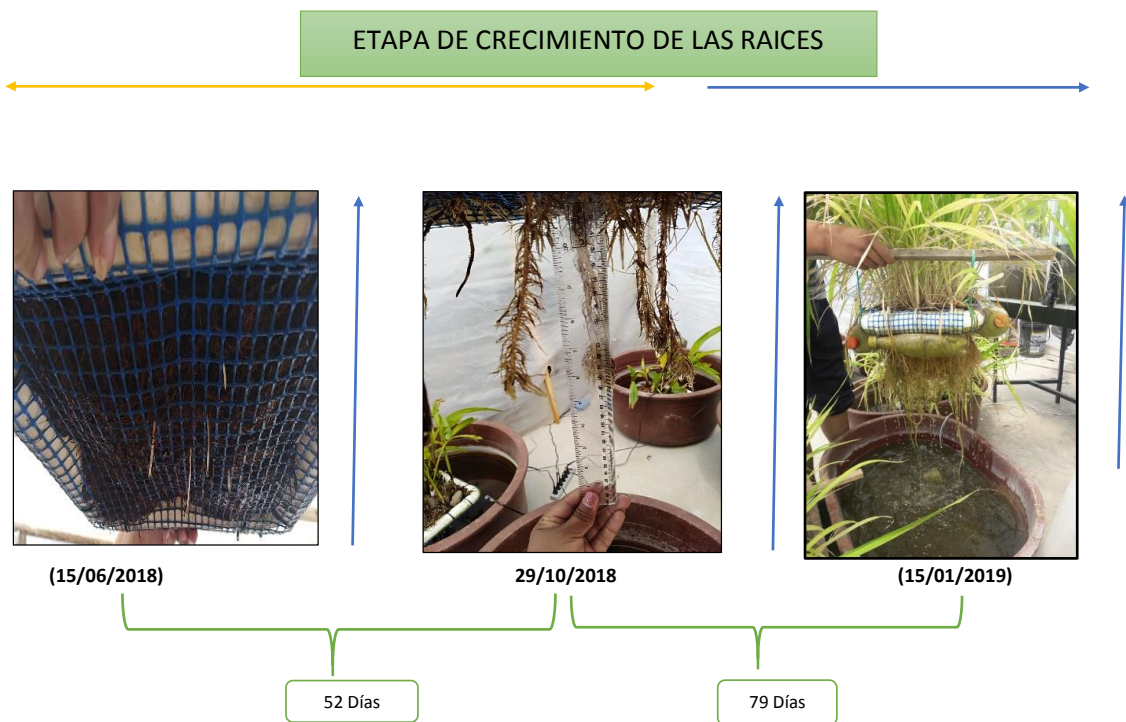
Elaborado por: Autores, (2019)

La etapa de adaptación de *Panicum maximum* fue de 32 días desde el 10/10/18, hasta el 21/11/18, para suplir los requerimientos del cultivo se aplicó 20 gr. de nitrato de potasio (KNO_3), 1.5 gr de calcio-boro, 4 gr fosfato mono potásico (KH_2PO_4), en este periodo las cepas de las cepas de *Panicum maximum* alcanzaron una altura promedio de 38 cm.

El periodo 21/11/18 hasta el 15/01/19 constituyó la etapa de desarrollo de la especie, en el caso de Pasto guinea "*Panicum maximum*" se observó un promedio de desarrollo de 3,6 cm, cada 15 días llegando a medir por ultima ves 82,4 cm de altura.

8.1.3 Etapa de crecimiento de las raíces de la planta

Figura 13: Etapa de crecimiento de las raíces de *Panicum maximum*



Elaborado por: Autores, (2019)

Desde la etapa de siembra y desarrollo de la planta se pudo identificar el crecimiento de la raíz de dos mediciones, debido a que la planta puede entrar en un periodo de estrés y afectaría al desarrollo de la planta; por lo que desde las fechas (15/06/2018) hasta el 29/10/2018) pudimos identificar un crecimiento de 18.02 a la Raíz más larga; en la segunda medición que se lo realizo en el periodo del (29/10/2018) hasta el 15/01/2019), llegando a tener una medición de 45 cm la raíz más larga para ese entonces, teniendo un promedio de crecimiento por mes de 6.7 cm por cada planta identificada para la investigación.

8.2 Concentraciones Iniciales

La concentración inicial se determinó para nitratos y fosfatos.

8.2.1 concentración de nitratos

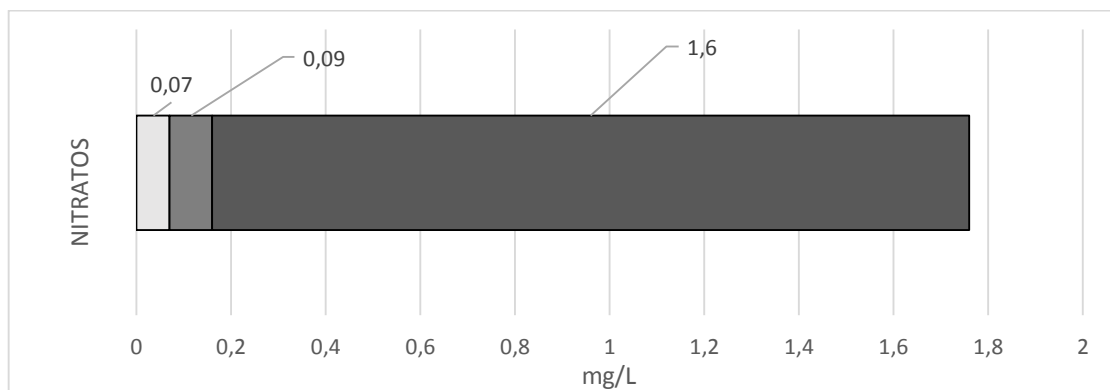
La concentración de nitratos y fosfatos fue analizada en los laboratorios del INAMHI, (Ver Anexo 5) durante los periodos de muestreo establecido. (Figura 14 y 15).

Tabla 12: Concentración inicial de nitratos.

CONCENTRACIONES	NITRATOS (mg/L)
CONCENTRACION INICIAL	1.6
CON SISTEMA	0.07
SIN SISTEMA	0.09

Elaborado por: Autores (2019)

Figura 14: Concentración de nitratos



Elaborado por: Autores, (2019).

En un periodo de 26 días la concentración disminuyó de 1.6 a 0.07 mg/L para el tratamiento con el sistema de IFAs (Figura 14). Sin embargo para la misma fecha sin el sistema de tratamiento (testigo) presentó una concentración de nitratos (0.09 mg/L) ver (Anexo 2).

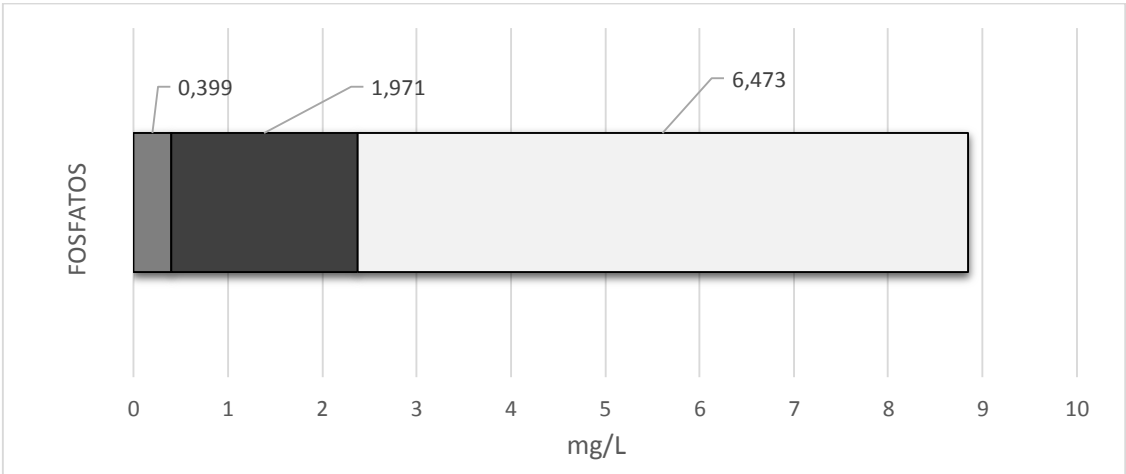
8.2.2 Concentración inicial de fosfatos

Tabla 13: Tabla: concentración inicial de fosfatos

CONCENTRACIONES	FOSFATOS (mg/L)
CONCENTRACION INICIAL	1.971
SIN SISTEMA	0.399
CON SISTEMA	0.399

Elaborado por: Autores (2019)

Figura 15: Concentración inicial de fosfatos



Elaborado por: Autores (2019)

La concentración inicial de fosfatos del río Cutuchi fue 1.971 mg/L (26/10/18), en un período de 26 días con el sistema IFAs se presentó un aumento en la concentración de fosfatos (6.473 mg/L). Sin embargo para la misma fecha sin el sistema de tratamiento (testigo) la concentración disminuyo 0.399 mg/L

8.2.3 Porcentaje de Absorción

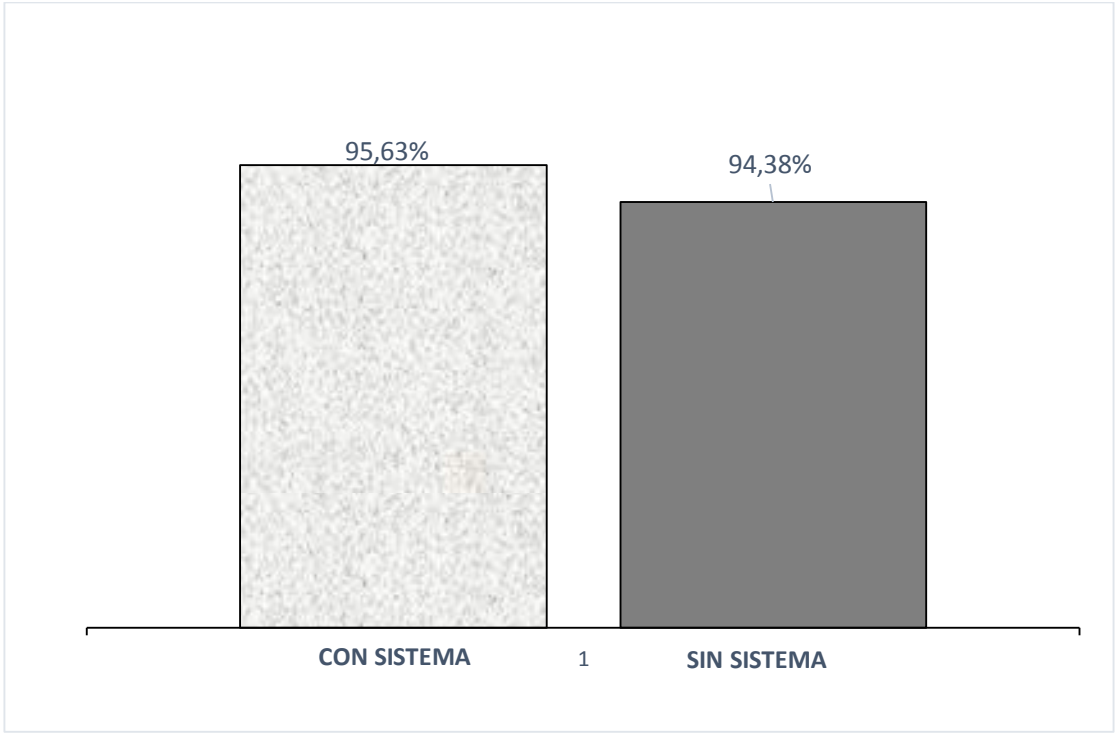
Comparación de los porcentajes de absorción de nitratos con el sistema y sin el sistema, luego de la simulación del derrame.

Tabla 14: Porcentaje de absorción de nitratos.

PORCENTAJE DE ABSORCION DE NITRATOS	
CON SISTEMA	95.63%
SIN SISTEMA	94.38%

Fuente: INAMHI – LANCAS; Elaborado por: Autores (2019)

Figura 16: porcentaje de absorción de nitratos



Elaborado por: Autores (2019)

El porcentaje de absorción de nitratos del río Cutuchi fue 95.63% (12/11/18), para el tratamiento con sistema IFAs. Sin embargo para la misma fecha sin el tratamiento (testigo) se presentó una un porcentaje de 94.38%.

8.2.4 Porcentajes de Remoción

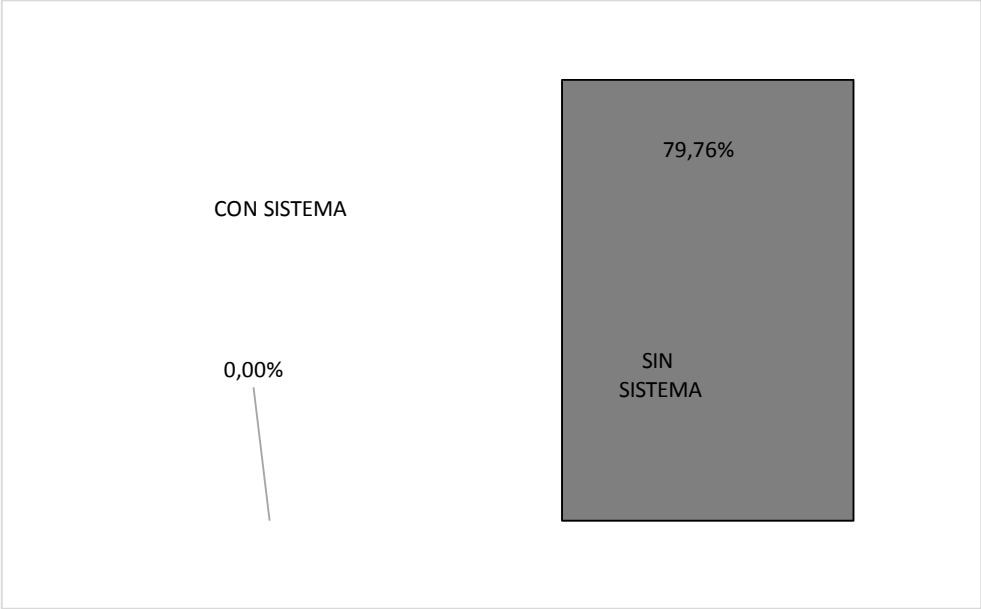
Comparación de los porcentajes de absorción de fosfatos con el sistema y sin el sistema, luego de la simulación del derrame.

Tabla 15: Porcentaje de absorción de fosfatos.

PORCENTAJE DE ABSORCION DE FOSFATOS	
CON SISTEMA	0 %
SIN SISTEMA	79.76 %

Fuente: INAMHI – LANCAS.

Figura 17: Porcentaje de absorción de fosfatos.



Elaborado por: Autores (2019)

El porcentaje de absorción de fosfatos del río Cutuchi fue 0 % (12/11/18), para el tratamiento con sistema IFAs. Sin embargo para la misma fecha sin el sistema de tratamiento (testigo) se presentó una un porcentaje de 79,76 %.

8.2.5 Concentraciones Iniciales de TPH

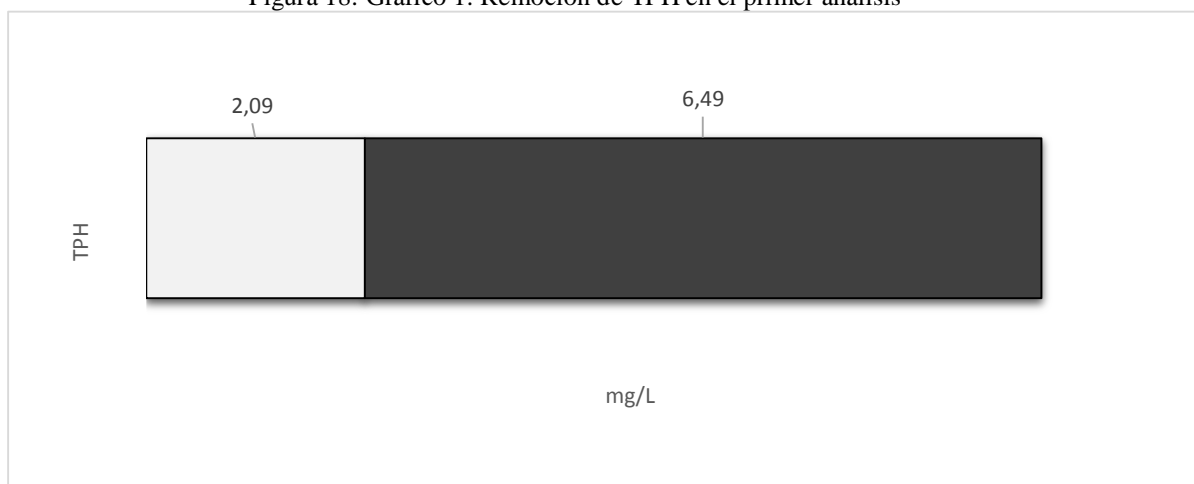
Análisis 1: Partiendo de la concentración inicial de 6.49 mg/L de TPH, se observó una disminución de (4.4 mg/L) para el sistema de islas flotantes para un periodo de 20 días.

Tabla 16: Concentraciones de TPH

CONCENTRACIONES	TPH (mg/L)
CONCENTRACION INICIAL	6.49
CON SISTEMA	2.09

Fuente: INAMHI – LANCAS.

Figura 18: Gráfico 1: Remoción de TPH en el primer análisis



Elaborado por: Autores (2019)

La concentración inicial de TPH del Río Cutuchi en condiciones controladas fue 6.49 mg/L respectivamente (27/11/18). En un período de 20 días la concentración de los parámetros evaluados disminuyó 2.09 mg/L.

8.2.6 Concentraciones del segundo análisis

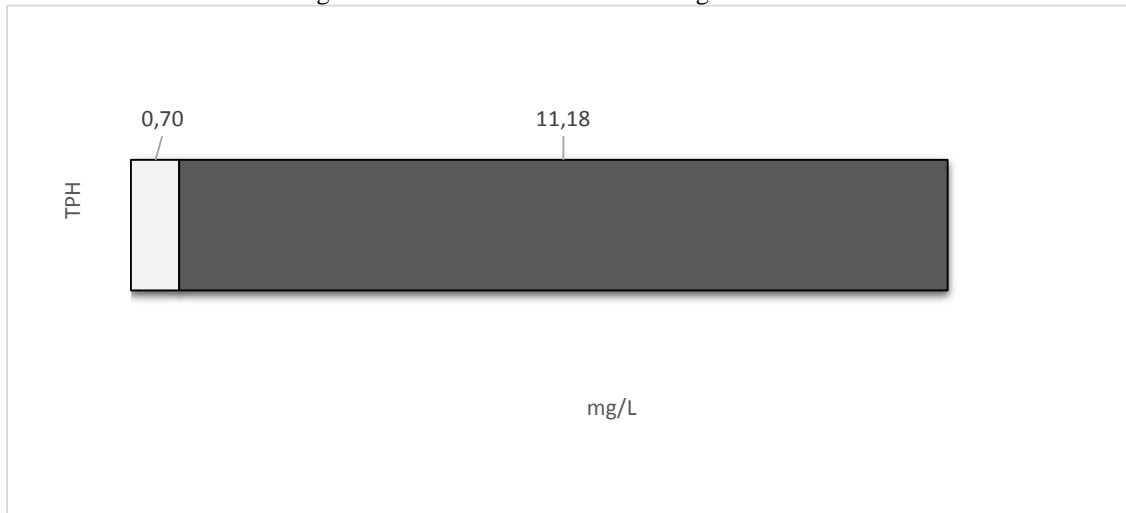
Partiendo de la concentración de 11.18 mg/L de TPH, se observó una disminución de (10.48 mg/L) para el sistema de islas flotantes para un periodo de 20 días.

Tabla 17: Concentraciones de TPH

CONCENTRACIONES		TPH (mg/L)
CONCENTRACION	INICIAL	11.18
SEGUNDO ANALISIS		
CON SISTEMA		0,70

Fuente: INAMHI – LANCAS.

Figura 19: Remoción de TPH en el segundo análisis



Elaborado por: Autores (2019)

Para el segundo análisis la concentración restante del primer análisis fue de 2.09 mg/l a lo que se le aumento 0,70 gr = 9.09 mg/L de “diésel”, sumando el primer resultado obtuvimos un promedio inicial de 11.18 mg/l de TPH respectivamente para la fecha (17/12/18). En un período de 20 días la concentración de los parámetros evaluados disminuyó a 0.70 mg/L. Para el tratamiento con el sistema de IFAs

8.2.7 Porcentaje de absorción de TPH

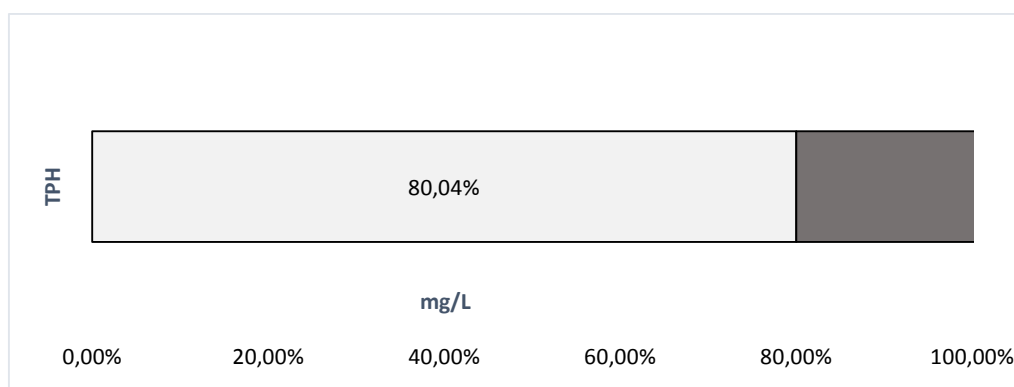
Porcentaje de TPH en las muestra de agua del análisis de remoción del crudo, con el sistema de IFAs.

Tabla 18: Porcentaje general de remoción.

PARAMETRO	PORCENTAJE DE REMOCION
TPH	80.04%

Fuente: INAMHI – LANCAS;

Figura 20: Porcentaje general de remoción de TPH



Elaborado por: Autores (2019)

Interpretación

El porcentaje general de remoción (absorción y adsorción) en condiciones controladas fue de 80.04 %.

8.3 Islas flotantes artificiales como alternativa eco tecnológica.

El sistema IFA constituye una alternativa eficiente para mejorar la calidad de agua mediante la remoción de nitratos (NO_3), fosfatos (PO_4) y TPH. Este método de tratamiento puede replicar en la provincia de Cotopaxi para depurar en aguas contaminadas procedentes de actividades florícolas, Agrícolas y domiciliarias (nitratos y fosfatos), además de varias microempresas como lo son las lubricadoras y otras grandes que son las gasolineras que descargan sus desperdicios a cuerpos de agua dulce sin ningún tratamiento previo (TPH).

8.4 Discusión

El sistema de tratamiento está estructurado con tinas de 80 litros de capacidad, a manera de reservorio en el que se ingresa el agua cruda, un sistema de aireación que funciona

constantemente para proporcionar dinamismo y circulación del agua. Sobre la lámina de agua se ingresa la matriz flotante, esta matriz está compuesta por el lecho de cultivo (fibra de coco, pumina, humus) y sobre este se apoya y se desarrolla las especies vegetativa de *Panicum máximum*.

El desarrollo de la planta se dio mediante la medición de la parte aérea desde el cuello de la raíz y tomando en cuenta el ápice más representativo (Gonzales, 2008), el promedio de crecimiento en altura de *Panicum maximum* fue de 35.5 cm

Con respecto a la Figura 20 y en base a las condiciones controladas se pudo observar la (absorción) de TPH por parte de *Panicum maximum* con un promedio de absorción del 84.04 % respectivamente debido a que pasto guinea los absorbe hacia sus hojas y los adsorbe en sus raíces formando biopelículas o su vez en las paredes de la isla flotante, y también pudo identificar el desarrollo que tuvo la planta para que esta pueda absorber el contaminante como tal.

(Morales, 2012) En un estudio realizado en Venezuela en el año 2012, nos manifiesta su tratamiento y el método utilizado que durante los 120 días del ensayo, el valor inicial de 37.5 mg/g de hidrocarburos disminuyó a 33.8 mg/g en SP y 31.1 mg/g en CP, siendo estadísticamente diferentes entre sí sólo a los 120 días. La mayor disminución del contenido de hidrocarburos en los primeros 15 días para ambos tratamientos se relaciona con la rápida degradación de los componentes más frágiles, como son los saturados y los aromáticos, las fracciones más biodegradables, pero también más tóxicas respecto a las resinas y asfaltenos (Morales, 2012). Posteriormente, a partir de los 15 días y hasta el término del ensayo, el tratamiento SP no evidenció una reducción significativa en el contenido de hidrocarburos.

Por lo antes expuesto, es necesario realizar estudios que incorporen otros indicadores, como por ejemplo, actividades de otras enzimas ligadas a la degradación de hidrocarburos, conteo de microorganismos o biodiversidad de las comunidades microbianas, bioensayos de toxicidad, entre otros, para lograr una mejor interpretación de la información y del papel de las plantas y los microorganismos en la fitorremediación. La meta central de los procesos de remediación no debe estar solamente orientada a disminuir la concentración del contaminante y cumplir con un criterio de “limpieza”, sino restaurar la salud del mismo, que usualmente se evalúa con variados indicadores físicos, químicos y biológico, (Morales, 2012)

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

- La matriz flotante como lecho de cultivo ha demostrado ser apto para el desarrollo de especie vegetativa “*Panicum máximo*”, debido a que se ha evidenciado que el promedio de crecimiento es similar al presentado en su medio natural, teniendo en cuenta que su periodo de adaptabilidad fue de 101 días desde la siembra hasta la instalación en la isla flotante.
- Las IFAs en un periodo de cuatro meses presenta los siguientes porcentajes de remoción: TPH 84,04 %, demostrando una eficiencia en la remediación del recurso hídrico.
- Basado en el análisis de laboratorio análisis de laboratorio y en la evaluación de porcentajes de remoción para cada parámetro en estudio, se considera pertinente proceder con la aplicación del sistema para mejorar la calidad de agua de reservorios y para el tratamiento de agua residuales de lavadoras de automóviles.

9.2 Recomendaciones

- El porcentaje adecuado para la elaboración de la infraestructura de la Isla Flotantes Artificial son: fibra de coco 30%, pumina 30 %, humus 40 %, para un adecuado lecho de cultivo.
- Para la evaluación del crecimiento del *Panicum Maximum* en el ingreso de nutrientes (nitratos, fostatos) hacia la isla es recomendable realizar una evaluación periódica de crecimiento, cada 8 días ya que el desarrollo de tallos, hojas y raíces, es más favorable en dicho periodo.
- Al tener un método controlado, el ingreso del contaminante (fosfatos mono potásico) se lo deber realizar una correcta disolución en un tiempo de 5 minutos, para que sus resultados no se vean afectados con valores muy altos.

10. BIBLIOGRAFÍA

- A. Burrough, P. &. (1998). Principle of Geographic Information Systems.
- Adhanom, T. (2018). *Declaración Ministerial sobre Salud, Medio Ambiente y Cambio Climático* . Nairobi: ONU Medio Ambiente.
- Admin. (2008). Problemas de contaminación en el agua.
- Alberto, C. N. (2016). "EVALUACIÓN DE ESPECIES GRAMÍNEAS LOCALES PARA LA REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR METALES PESADOS EN LA EMPRESA TRIBOILGAS". Latacunga.
- Alka et al. (2012). Tratamiento para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente en Aguas Residuales Industriales. *Revista Ingeniería y Región* , 77.
- Ángela Quishpe, Ernesto de la Torre y Alicia Guevara. (2010). Tratamiento de efluentes líquidos de la industria de curtido mediante precipitación química . . *Revista Politécnica*, Vol. 31(1): 117–122.
- ARCSA. (2014). *Informe calidad de agua del río Cutuchi ARCSA-CZ03-CO-001*. . Riobamba: ARCSA.
- Aziz, H.A., M.N. Adlan, and K.S. Ariffin,. (2008). Heavy metals (Cd, Pb, Zn, Ni, Cu and Cr (III)) removal from water in Malaysia: post treatment by high quality limestone. 99(6).
- Borchardt, J. A. (2003). Control de la Calidad del agua: procesos físicoquímicos. *Reverte*.
- CALVO, L. R. (2017). *BIORREMEDIACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS CON HIDROCARBUROS*. UNIVERSIDAD DE GRANADA.
- Chiu, R. (. (s.f.). MÉTODO DE INTERPOLACIÓN DE KRIGING.
- Fonseca & Clairand. (2017). *(ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES UNA ALTERNATIVA ECOTECNOLÓGICA PARA LA RESTAURACIÓN Y REMEDIACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS*. Riobamba.
- Combes, D. &. (1970). *Variation dans les nombres chromosomiques du Panicum maximum Jacq. En relation avec le mode de reproductio*. . Paris. 270.782-5.
- Deus, L. A. (2016). GeoAmazonas - GIA for water Resources Management. Journal of Geographic Information System.
- Everitt. (1998). Obtenido de <http://www.umar.mx/revistas/43/0430202.pdf>
- Fermín., C. M. (2016). *Estadística Descriptiva y Probabilidad*. México.
- Fonseca K, Ilbay M. (2017). Congreso Internacional de Investigación Científica-UTC. *Congreso Internacional de Investigación Científica-UTC* (pág. 1). LATACUNGA: UTC.
- Gallardo, A. (2003). Spatial Variability of Soil Properties in a Floodplain Forest in Northwest Spain. *Ecosystems* 6, 564 – 576.
- García Barbancho, A. (1973). *Estadística elemental moderna*. Málaga: Ariel SA.
- García Pérez, A. (1992). *Estadística aplicada: Conceptos básicos*. Madrid.

- García, M. &. (2004). Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. *Revista Ecosistemas*.
- Global Colibri Engineering and Consulting, . (09 de-2016.). En “Islas Flotantes Colibrí. *Depuración de aguas residuales*,” [Online]. Available: <http://www.globalcolibri.com/es/islasflotantes.php>.
- Gonzales et al . (2006). Tratamientos para la Remocion de Metales Pesados Cpmunmnete Presentes en Aguas Residuales. *Revista Ingenieria y Region.*, 77.
- Guzmán-Colis, G. T.-L.-N.-B.-G. (2011). Evaluación Espacio-Temporal De La Calidad Del Agua Del Río San Pedro. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental.*, 89-102.
- Guzmán-Colis, G., Thalasso, F., Ramírez-López, E. M., Rodríguez-Narciso, S., Guerrero-Barrera, A. L., & Avelar-González, F. J. (2011). Evaluación Espacio-Temporal De La Calidad Del Agua Del Río San Pedro En El Estado De Aguascalientes, *Revista Int. Mexico*.
- Hora, D. L. (Diciembre de 2017). Ecuador 88% de las aguas residuales llegan a los ríos. *La Hora*.
- Hubbard, R. K. (2010). “Floating Vegetated Mats for Improving Surface Water Quality,” in *Emerging Environmental Technologies*, Volume II, Springer, Dordrecht. Obtenido de pp. 211–244.
- Hudson, A. (2017). *El camino para reducir la contaminación marina*. . New York.
- INAMHI. (2012). *CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LOS EFLUENTES DE AGUA AL RÍO CUTUCHI EN EL SECTOR LASSO CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA COTOPAXI*. Latacunga.
- Jian-feng, Z., Gu-yuan, L., Xiao-yi, X., Jia, C., and Wei-qun, S., . (2003). “Canna indica and Acorus calamus Ecological Floating Beds for Purification of Micro-polluted Source Water,” *China Water & Wastewater*,. vol. 3,.
- Josabeth. (2015). *Análisis y Tratamiento de Aguas: Oxígeno Disuelto*.
- Kamble, R. and Patil, D. (2012). En “*Artificial floating island: solution to river water pollution in India. Case study: rivers in Pune City.*,” presented at the *International Conference on Environmental, Biomedical and Biotechnology IPCBEE*. vol .41.
- L. Sun, Y. Liu, and H. Jin,. (January. 2009.). “Nitrogen removal from polluted river by enhanced floating bed grown canna,”. *Ecol. Eng.*, vol. 35 no. 1.
- Leal Ascencio Teresa. (2013). *Tecnologías convencionales de agua y sus limitaciones*. Mexico.
- León, G. R. (1977). *Algunas consideraciones Técnicas sobre la producción de semilla de Zacate Guinea (Panicum máximum Jacq.) en México*. Boletín No. 3.. : PNS. México.
- MAE. (2017). Plan de descontaminación del Río Cutuchi. *Ministerio del Ambiente*.
- Marin Galvin, R. (2012). *Procesos fisico quimicos en depuracion de aguas. Teoria, practica y problemas resueltos*. España: Diaz de Santos.
- Melo, C. (2012). *Análisis Geoestadístico Espacio Tiempo*. Barcelona.
- Moral García, F. J. (2004). Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. *Ecosistemas*.

- Morales, I. y. (23 de Octubre de 2012). *Fitotecnologías*. Obtenido de Remedación de contaminantes ambientales: <https://www.taylorfrancis.com/books/9780429063589>
- Muños, V. (22 de Febrero de 2013). *Fitorremediación*. Obtenido de Ventajas y desventajas de la fitorremediación: <http://colaboraonambien.blogspot.com/2013/03/ventajas-y-desventajas-de-la.html>
- OMS. (2017). Monitoreo de la Calidad del agua: Guía práctica para diseñar e implementar estudios y programas de monitoreo. *Ecociencia*.
- PMS. (2014). *Pública, Ministerio de Salud .Ministerio de Salud Informe de Avance del Río Cutuchi. Riobamaba.*
- Quezada, R, Varela, E., and Rosa, M. A., . (2012). "Remediación natural para completar la depuración del cromo (VI) en efluentes de curtiembres.," Universidad Tecnológica Nacional.
- Ramallo, R. S. (1990). Tratamiento de Aguas Residuales. *Reverte*.
- Ramsar. (1971). *La Convención de Humedales de Importancia Internacional . La Convención de Humedales de Importancia Internacional . . Teherán.*
- Reinoso, L. (11 de Julio de 2008). Peligrosas aguas del río Cutuchi. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Robertson, G. (1987). Geostatistics in ecology: interpolating with known variance. *Ecology* 68, 744-748.
- Robertson, G. (1987). Geostatistics in ecology: interpolating with known variance. . *Ecology*, 744-748.
- RODIER, J. (1990). *Análisis de Aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar*. Barcelona: Omega.
- SAWYER, C., & MCCARTY, P. (1996). *Chemistry for Environmental Engineering*. New: McGraw Hill.
- SENAGUA. (2017). Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua.
- SENAGUA. (s.f.). *La Contaminación del Río Cutuchi*. Latacunga.
- Shennan, S. (1992). *Arqueología cuantitativa*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Steel, R.G.D, and Torrie, J. H. (1960). *Principles and Procedures of Statistics with Special Reference to the Biological Sciences*. New York: McGraw Hill.
- Tapia, V. B. (2013). *Propuesta de un Plan de Manejo de la microcuenca del Río Cutuchi*. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Tapia, V., Benjamín, V., Vásquez, Q., & Augusto, C. . (2013). *La microcuenca del Río Cutuchi. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. . Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec:80/xmlui/handle/22000/5754>*
- Telégrafo, E. (2017). *El estero Palanqueado 'renace' entre 40 islas flotantes en el sector Cisne II*. Guayaquil.

Vásquez R., Yáñez E. (2015). *CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LOS EFLUENTES DE AGUA AL RÍO CUTUCHI EN EL SECTOR LASSO CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA COTOPAXI, PERIODO 2015*. LATACUNGA: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

Wackerly, D., & Scheaffer, W. (2008). *Mathematical Statistics with Applications (7 edición)*. USA: Belmont, CA.

Weber, W. J. (2003). Control de la Calidad del agua: procesos físicoquímicos. *Reverte*.

WWAP. (2009). (*Tercer informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo*. . Turquía.

11. ANEXOS



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Almache Guamani Luis Paul con C.I. 050380620-0 y Sinchiguano Almache Luis Fernando con C.I. 050316017-8, cuyo título versa "ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES CON PASTO GUINEA "PANICUM MAXIMUM" COMO ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA REMOCIÓN DE TPH (HIDROCARBUROS TOTALES DE PETRÓLEO) EN EL AGUA PROCEDENTE DEL RIO CUTUCHI", lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, febrero del 2019

Atentamente,

Mg. Diana Katina Tapia Vergara
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 1720080934



CENTRO
DE IDIOMAS

Anexo: 1 Hojas de vida

INFORMACIÓN PERSONAL

MSc. Kalina Fonseca, docente de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador



KALINA MARCELA FONSECA LARGO, MSc

Ecología & aprovechamiento de recursos naturales

CONTACTO

Universidad Técnica de Cotopaxi, sede Salache, parroquia Eloy Alfaro, Barrio Salache
Bajo Email: kalina.fonseca@utc.edu.ec

Tel: 0996267102

FORMACIÓN PROFESIONAL

Master en Ecología y Aprovechamiento de los Recursos Naturales; Russian State Hydrometeorological University; 2016-10-11

RECONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS

Ganadora del primer puesto del "2do Concurso Nacional de Investigación Agroeconómica" (Categoría pregrado), realizado por el MAGAP, Ecuador.

EXPERIENCIA INVESTIGATIVA

PONENCIAS NACIONALES E INTERNACIONALES

Evento: I Congreso Internacional de Investigación Científica de la Universidad Técnica de Cotopaxi

Tema: Evaluación Espacio – Temporal de la Calidad del Agua de la Microcuenca del Río Cutuchi

Fecha: 22-24 de Noviembre de 2017

Evento: Primera Convención Científica Internacional de la UTM 2017

Tema: Comparación de métodos de interpolación para la estimación comparación de métodos de interpolación para la estimación de temperatura del reservorio CEASA

Fecha: 18-20 de Octubre de 2017

Evento: Primeras jornadas Ciencias Naturales y Matematicas ESPOL

Tema: Islas Flotantes Artificiales: Una alternativa ecotecnológica para el tratamiento de aguas contaminadas

Fecha: 25/09/2017

Evento: 21st Century Watershed Technology Conference and Workshop Tema 1: Pronósticos de contaminación del río Pacayacu, Ecuador.

Tema 2: Pronósticos
de inundación

Lugar: Ecuador

Fecha: 05 de Diciembre de 2016

Evento: Encuentro de investigadores juveniles Rusia

Tema: Evaluación de la contaminación de las aguas superficiales como resultado de la explotación petrolera en la cuenca del río Pacayacu, Ecuador

Lugar: Universidad Estatal de San

Petersburgo, Rusia Fecha: 14 de Junio de

2016

RECONOCIMIENTOS ACADÉMICOS

Diploma rojo, reconocimiento simbólico a la mejor egresada de la maestría en Rusia. Becada del gobierno de Ecuador para estudios de posgrado en Rusia

HOJA DE VIDA

➤ INFORMACIÓN PERSONAL

APELLIDOS:	ALMACHE GUAMANI
NOMBRES:	LUIS PAUL
Nº DE CEDULA DE IDENTIDAD:	050380620 0
NACIONALIDAD:	ECUATORIANA
FECHA DE NACIMIENTO:	27 DE 12 DE 1993
LUGAR DE NACIMIENTO:	SAQUISILI
EDAD:	25 AÑOS
ESTADO CIVIL:	SOLTERO
DOMICILIO:	SAQUISILI - CANCHAGUA
TELÉFONO:	0989624573



➤ ESTUDIOS REALIZADOS:

ESTUDIO PRIMARIO:
ESCUELA INDOAMERICA DE CANCHAGUA.

ESTUDIO SECUNDARIO:
COLEGIO NACIONAL SAQUISILI

➤ TÍTULOS OBTENIDOS:

BACHILLER EN QUIMICO BIOLOGO

➤ REFERENCIAS PERSONALES:

✓ SR. JUAN LEMA	TELÉF. 0998303437
✓ SR. ALEX BRAVO	TELÉF. 0998448323

HOJA DE VIDA

➤ INFORMACIÓN PERSONAL

APELLIDOS:	SICHIGUANO ALMACHE
NOMBRES:	LUIS FERNANDO
Nº DE CEDULA DE IDENTIDAD:	0503160178
NACIONALIDAD:	ECUATORIANA
FECHA DE NACIMIENTO:	06 DE 11 DE 1988
LUGAR DE NACIMIENTO:	SAQUISILI
EDAD:	30 AÑOS
ESTADO CIVIL:	SOLTERO
DOMICILIO:	SAQUISILI
TELÉFONO:	0998468822



➤ ESTUDIOS REALIZADOS:

ESTUDIO PRIMARIO:
ESCUELA NACIONES UNIDAS

ESTUDIO SECUNDARIO:
INSTITUTO SUPERIOR “VICENTE LEON”

➤ TÍTULOS OBTENIDOS:

BACHILLER EN QUIMICO BIOLOGO

➤ REFERENCIAS PERSONALES:

✓ SR. MARLON YUGCHA	TELÉF. 0992959335
✓ SRA. ESTHER ALMACHE	TELÉF. 0998487378

Anexo: 2 INFORME DE RESULTADOS

INFORME DE RESULTADOS

RC38-05

N°. 18-589

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-NO ₃ ⁻ B	mg/L	1,60
Nitritos ⁽¹⁾	PE08	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-NO ₂ ⁻ B	mg/L	0,230 ^(a)
TPH	PE47	Standard Methods Ed 23, 2017. 5520 C y F	mg/L	0,43 ^(a)
Fosfatos ⁽¹⁾	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017.4500-P C.	mg/L	1,971
Coliformes fecales ⁽¹⁾	PEM02	Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1	NMP/100 ml	1,7E+05
Plomo*	PE75	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 A y B	mg/L	0,00
Cromo*	PE79	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 A y B	mg/L	0,000

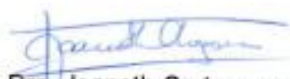
REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LE C 15-005

"Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

^(a) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE"

⁽¹⁾ Los resultados de ensayo podrían estar afectados por las condiciones de recepción de la muestra.



Dra. Jeaneth Cartagena

Responsable de Laboratorio

Anexo: 3 INFORME DE RESULTADOS

INFORME DE RESULTADOS

RC38-05

Nº. 18-628

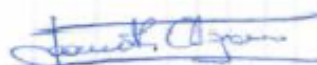
Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-NO ₃ ⁻ B	mg/L	0,07 ^(a)
Nitritos	PE08	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-NO ₂ ⁻ B	mg/L	0,028 ^(a)
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017.4500-P C.	mg/L	6,473
Coliformes fecales	PEM02	Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1	NMP/100 ml	2,0

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación Nº SAE LE C 15-005"

"(a) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE"



Dra. Jeanneth Cartagena
Responsable de Laboratorio



LABORATORIO NACIONAL
DE CALIDAD DE AGUA
Y SEDIMENTOS - LANCAS

Anexo: 4 INFORME DE RESULTADOS

INFORME DE RESULTADOS

RC38-05

N°. 18- 753

Pág. 2 de 3

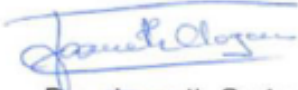
Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-NO ₃ ⁻ B	mg/L	19,66
TPH	PE47	Standard Methods Ed 23, 2017. 5520 C y F	mg/L	3,74
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017.4500-P C.	mg/L	24,860 ^(a)

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LE C 15-005"

"Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

"(a) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE"



Dra. Jeaneth Cartagena
Responsable de Laboratorio
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
LABORATORIO NACIONAL
DE CALIDAD DE AGUA
Y SEDIMENTOS - LANCAS

INFORME DE RESULTADOS

RC38-05

N°. 18- 754

Pág. 2 de 3

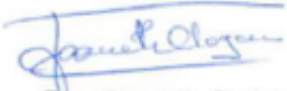
Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-NO ₃ ⁻ B	mg/L	23,39
TPH	PE47	Standard Methods Ed 23, 2017. 5520 C y F	mg/L	0,85
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017.4500-P C.	mg/L	31,65 ^(a)

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LE C 15-005"

"Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

"(a) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE"



Dra. Jeaneth Cartagena
Responsable de Laboratorio

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
LABORATORIO NACIONAL
DE CALIDAD DE AGUA
Y SEDIMENTOS - LANCAS

Anexo: 5 INFORME DE RESULTADOS FINALES

INFORME DE RESULTADOS

RC38-05

Nº. 19-011

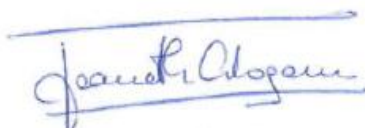
Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-NO ₃ ⁻ B	mg/L	0,15 ^(a)
TPH	PE47	Standard Methods Ed 23, 2017. 5520 C y F	mg/L	0,38 ^(a)
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-P C.	mg/L	33,795 ^(a)

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LE C 15-005"

"^(a) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE"



Dra. Jeaneth Cartagena
Responsable de Laboratorio

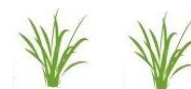


Anexo: 6 CRECIMIENTO DE LA PLANTA



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

Matriz Fenológica Pasto guinea



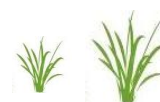
#TINA	FECHA	P (1)	P(2)	P(3)
1	26/10/2018	29	26	37.5
2	26/10/2018	37.1	41.8	30
3	26/10/2018	26	16	23.2
1	31/10/2018	31.2	26.5	39.5
2	31/10/2018	39.9	43.3	31.2
3	31/10/2018	27.3	16.5	24.7
1	09/11/2018	32.9	27	41
2	09/11/2018	42	44.1	33
3	09/11/2018	27.8	17	25.5
1	16/11/2018	35	27.6	42.1
2	16/11/2018	44.2	45.9	34.3
3	16/11/2018	28	15.5	26.4
1	22/11/2018	36.6	28.2	43
2	22/11/2018	46	46.5	35.1
3	22/11/2018	28.5	18	27
1	29/11/2018	38.5	30	43.1
2	29/11/2018	46.9	46.7	37.5
3	29/11/2018	28.8	18.2	29.5
1	06/12/2018	41	31.1	43.3
2	06/12/2018	49	47.2	38
3	06/12/2018	30.4	21.7	33
1	13/12/2018	41.6	32.5	44.1
2	13/12/2018	53	47.8	38.5
3	13/12/2018	32.2	22.3	34

1	20/12/2018	42.2	33.7	46.3
2	20/12/2018	54.4	48.4	39.7
3	20/12/2018	35.6	24.6	36.3
1	27/12/2018	45.5	34.7	48
2	27/12/2018	57.3	50.3	41.4
3	27/12/2018	37.3	26.3	38.3
1	03/01/2019	48.2	36.2	49.6
2	03/01/2019	49.5	51.4	42.7
3	03/01/2019	40.3	29	39.4
1	10/01/2019	51	39.3	51.3
2	10/01/2019	62.6	53	43.4
3	10/01/2019	43.2	31.6	41.2
1	17/01/2019	57.3	42	53
2	17/01/2019	65.3	53.8	46
3	17/01/2019	45.2	33.4	42.8
1	24/01/2019	55.3	43.4	55.3
2	24/01/2019	67	55.1	47.4
3	24/01/2019	47.3	35.7	44.1
1	31/01/2019	57.4	54.2	58.4
2	31/01/2019	68.3	56.8	49.7
3	31/01/2019	50.3	37.2	48.2

Anexo: 7 CRECIMIENTO DE LA RAÍZ



Matriz de crecimiento, Pasto guinea



#TINA	FECHA	PLANTA 1	PLANTA 2	PLANTA 3
1	29/10/2018	9.3	8.1	10.4
2	29/10/2018	10.5	9.7	11.7
3	29/10/2018	11.5	16.9	18.2
1	15/01/2019	33.2	35.2	36
2	15/01/2019	34	36.6	38
3	15/01/2019	37.2	40.2	45